

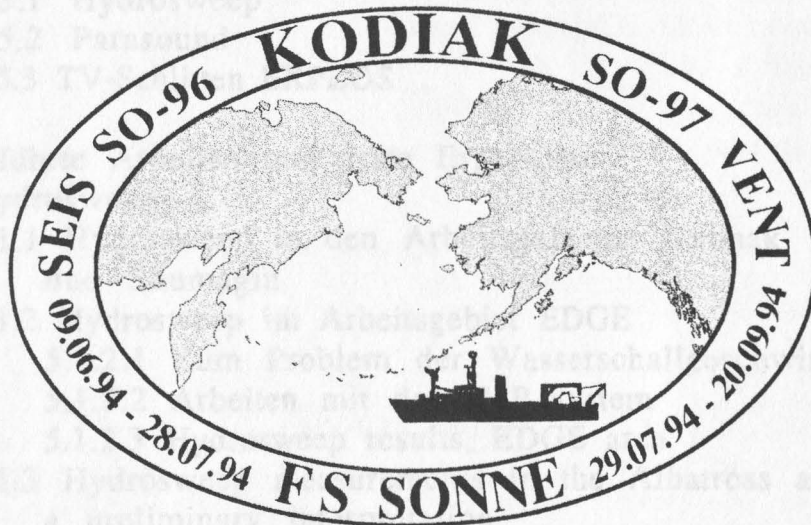


FS SONNE

**FAHRTBERICHT SO 96
KODIAK SEIS**

**Hong Kong - Kodiak - Kodiak
09.06.1994 - 26.07.1994**

**Herausgegeben von
Ernst R. Flueh und Roland von Huene
mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer**



GEOMAR
Forschungszentrum
für marine Geowissenschaften
der Christian-Albrechts-Universität
zu Kiel

Kiel 1994

GEOMAR
Research Center
for Marine Geosciences
Christian Albrechts University
in Kiel

94 S 341
GEOMAR
- Bibliothek -
Wischhofstr. 1-3
D-24148 Kiel

2.



Herzogin von
Eusebius und Eusebia von Mainz
mit Beistand der Familienmitglieder



GEOMAR
Geographisches
Institut
24109 Kiel
Tel. 0431 880-1

GEOMAR
Geographisches
Institut
24109 Kiel
Tel. 0431 880-1

Kopf 1084

GEOMAR
Geographisches
Institut
24109 Kiel
Tel. 0431 880-1

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	
1.1 Introduction to the Research Objectives of SO96 and SO97: KODIAK-SEIS and KODIAK-VENT	1
1.2 Regional Geological Setting	2
2. Teilnehmer	
2.1 Wissenschaftler	5
2.2 Besatzung	5
3. Fahrtverlauf	
3.1 SO96/1 vom 10.06. bis 27.06.1994	7
3.2 SO96/2 vom 28.06. bis 25.07.1994	9
4. Wissenschaftliche Geräte	
4.1 Rechneranlagen	13
4.2 Seismische Datenerfassung	
4.2.1 Das GEOMAR Ozeanbodenseismometer	14
4.2.2 Aufbereitung der OBS-Registrierungen	17
4.3 Anregung seismischer Wellen	
4.3.1 Luftpulser	19
4.3.2 Triggersignale	21
4.4 Magnetometer	21
4.5 Schiffsseitige Ausrüstung	
4.5.1 Hydrosweep	22
4.5.2 Parasound	22
4.5.3 TV-Schlitten EXPLOS	24
5. Durchgeführte Arbeiten und erste Ergebnisse	
5.1 Hydrosweep	
5.1.1 Hydrosweep in den Arbeitsgebieten Unimak und Shumagin	25
5.1.2 Hydrosweep im Arbeitsgebiet EDGE	
5.1.2.1 Zum Problem der Wasserschallgeschwindigkeit	28
5.1.2.2 Arbeiten mit dem MB-System	30
5.1.2.3 Hydrosweep results, EDGE area	41
5.1.3 Hydrosweep measurements in the Albatross area and a preliminary interpretation	44
5.2 Parasound	
5.2.1 Einleitung	48
5.2.2 Installation der PARADIGMA-Version 4.01	50
5.2.3 Durchgeführte Arbeiten und Beobachtungen	50

5.3	Arbeiten mit dem TV-Schlitten EXPLOS	55
5.3.1	Einleitung	55
5.3.2	Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse	64
5.4	Multisonde	64
5.5	Magnetik	66
5.5.1	Data Acquisition	69
5.5.2	Data Processing	69
5.5.3	Results	69
5.6	Refraktionsseismische Messungen	69
5.6.1	Einleitung	78
5.6.2	Seismische Datenverarbeitung	101
5.6.3	Interpretation der seismischen Profile	102
5.6.4	Seismische Profile	103
5.6.4.1	Profil 1	103
5.6.4.2	Profil 2	110
5.6.4.3	Profil 3	124
5.6.4.4	Profil 4	131
5.6.4.5	Profil 5	131
5.6.4.6	Profil 6	149
5.6.4.7	Profil 7	149
5.6.4.8	Profil 8	160
5.6.4.9	Profil 9	160
5.6.5	Schlußbemerkung	167
6.	Summary of preliminary results from the KODIAK-SEIS project near the eastern Aleutian Trench	167
6.1	Research goals	167
6.2	Geologic and tectonic setting	169
6.3	Preliminary results	181
7.	Danksagung	183
8.	Literaturverzeichnis	185
9.	Anhang Kapitänsbericht und Stationsprotokolle	185

1. Einleitung

1.1 Introduction to the research objectives of SO96 and SO97: KODIAK-SEIS and KODIAK-VENT

(R. von Huene)

The broad goals of KODIAK-SEIS and KODIAK-VENT (SO96 and SO97) are first to estimate the volume of fluid venting from the Aleutian margin and its chemical variation. A second goal relates to understanding the nucleation of large earthquakes in this highly seismic area.

The first problem relates to global change since the venting fluids from zones of plate convergence contain greenhouse gases such as methane. The volumes of fluid released into the oceans from convergent margins have been estimated by direct measurement of flow from vents. They have also been estimated from seismic velocity changes that are used to indicate sediment porosity. The reduction of porosity from the sediment masses disrupted by the converging plates can yield an estimate of pore fluid loss. These two types of estimates often disagree by orders of magnitude but seldom have they been well coordinated or measured with similar precision in a single area. Direct measurements provide an instantaneous point measurement which shows the volumes discharged over hours, a quantity that is known to change in time spans of years. The number of vents and the slow diffuse escape of fluids is estimated only over small areas. The geophysical data provide estimates at a million year time scale and over broad areas. However, these measurements include only the venting of pore waters in the upper 3 to 4 km of sediment and not water from mineral transformation or the oceanic crust. Thus these two apparently contradictory results can be applied in a complementary manner and it is a goal of KODIAK-SEIS and -VENT to integrate them in a study of the Aleutian margin. The geophysically based estimate requires seismic data acquisition from which the velocity can be extracted. Such velocity data have been obtained for the first 3 to 4 km in several seismic records across the Aleutian margin as part of the BMFT sponsored project FLUIDUM. The geophysical estimates along the EDGE line in particular show complex patterns of sediment dewatering and areas of possible concentrated venting. To verify the seismic reflection measurements and obtain precise estimates from greater depth we deploy ocean bottom seismometers (OBS) to record seismic signals from a large airgun seismic source near the surface and analyze the data with seismic refraction techniques.

Data from the OBS will also provide significant new information for earthquake studies. Many earthquakes along convergent margins are inferred to occur along the shear zone between the converging plates and so the earthquakes locations are commonly used to define the plate boundary. This is a circular reasoning that is commonly accepted. With the OBS data we hope to define in detail the depth of the plate boundary and the velocity structure of the rock on either side. Those velocities can be applied to locate earthquake hypocenters accurately. This will better define their relation to the slip plane of major earthquakes such as the great 1964 Alaskan earthquake. Little is known regarding the character of the slip plane across which the plates suddenly shift during subduction zone earthquakes and even less is known about the points of earthquake nucleation. The mitigation of seismic hazards from earthquakes along the Aleutian margin is not only of concern in Alaska but through out the Pacific region where tsunamis have caused loss of life and significant damage along the North American coast and on many islands.

1.2 Regional Geologic Setting

(R. von Huene)

In the Gulf of Alaska, the eastern and western continental margins are plate boundaries between the Pacific and North American Plates. On the east is the Queen Charlotte-Fairweather transform fault system along which the Pacific Plate moves northwest with respect to the North American Plate. On the west is the Aleutian Trench along which the Pacific Plate converges at about 6 mm/yr against North America (Figure 1.2.1). This general plate tectonic scheme has persisted for much of the Cenozoic and the structure of the plate boundaries is of a familiar transcurrent or convergent type. The region between the transform and convergent plate boundaries is more recent and includes a colliding Yakutat Terrane which migrated on the Pacific plate during the Cenozoic and collided with Alaska during the upper Miocene. The Yakutat Terrane lay at the eastern end of the Pacific-Kula Ridge and it appears that the terrane first intersected Alaska just south of the area where the EDGE seismic transect was acquired. The EDGE line forms the center of a principal study area of the KODIAK-SEIS and KODIAK-VENT projects.

As the Pacific plate moved northwest into the Gulf of Alaska along the continental margin of North America it received considerable sediment from the large continental area along which it travelled. This sediment has built large deep sea fans on the igneous ocean crust that are larger in map dimension than the Amazon Fan. Along the margins this sediment is 3 km thick and increases locally to 6 km where the igneous ocean crust has flexed downward against the margin. The sedimentary sequences of the Gulf of Alaska are separated into three major deep-sea fan systems (Fig 1.2.1, bottom). Zodiak Fan received sediment from about 40 to 32 Ma which is now covered by a pelagic blanket. Surveyor Fan received sediment from about 10 Ma to the present and a considerable part of its head has been subducted. Baranoff Fan is thought to have been constructed in the uppermost Miocene to the present.

The Surveyor Fan is divided into two sequences which developed when rates of sedimentation increased about 6 Ma. Sedimentation increased as the mountainous areas around the Gulf were uplifted sufficiently high to sustain glaciers that reached coastal areas and crossed parts of the continental shelf. Locally there is evidence that glaciers reached the edge of the shelf during glacial advances. The rapid sedimentation of the Pleistocene flooded the Surveyor and Baranoff Fans and the eastern Aleutian Trench but only pelagic sediment reached Zodiak Fan. Therefore the composition of the accreting and subducting material is likely to be different.

The Surveyor and Zodiak Fans are now subducting beneath the Alaskan continent along the eastern Aleutian Trench. Because of their unusual thickness they are thought to contribute more than the normal amount of pore fluid to the subduction zone. A kilometer thick sheet of subducting sediment is imaged in several seismic records, and if an average of 40% is fluid then the volume draining out of the margin should in excess of 24 km³/my for each km along the trench axis. Along the EDGE line the fluid loss in the first 15 km of the subduction zone is estimated from velocity data to be close to 10 km³ in each km along the trench axis. These fluids must be venting into the ocean as they are squeezed from the accreted and subducted sediment but until now no vents or signs of vents have been reported. The Gulf of Alaska has not been extensively explored for venting and so the KODIAK-SEIS and KODIAK-VENT projects are a venture into an unknown region.

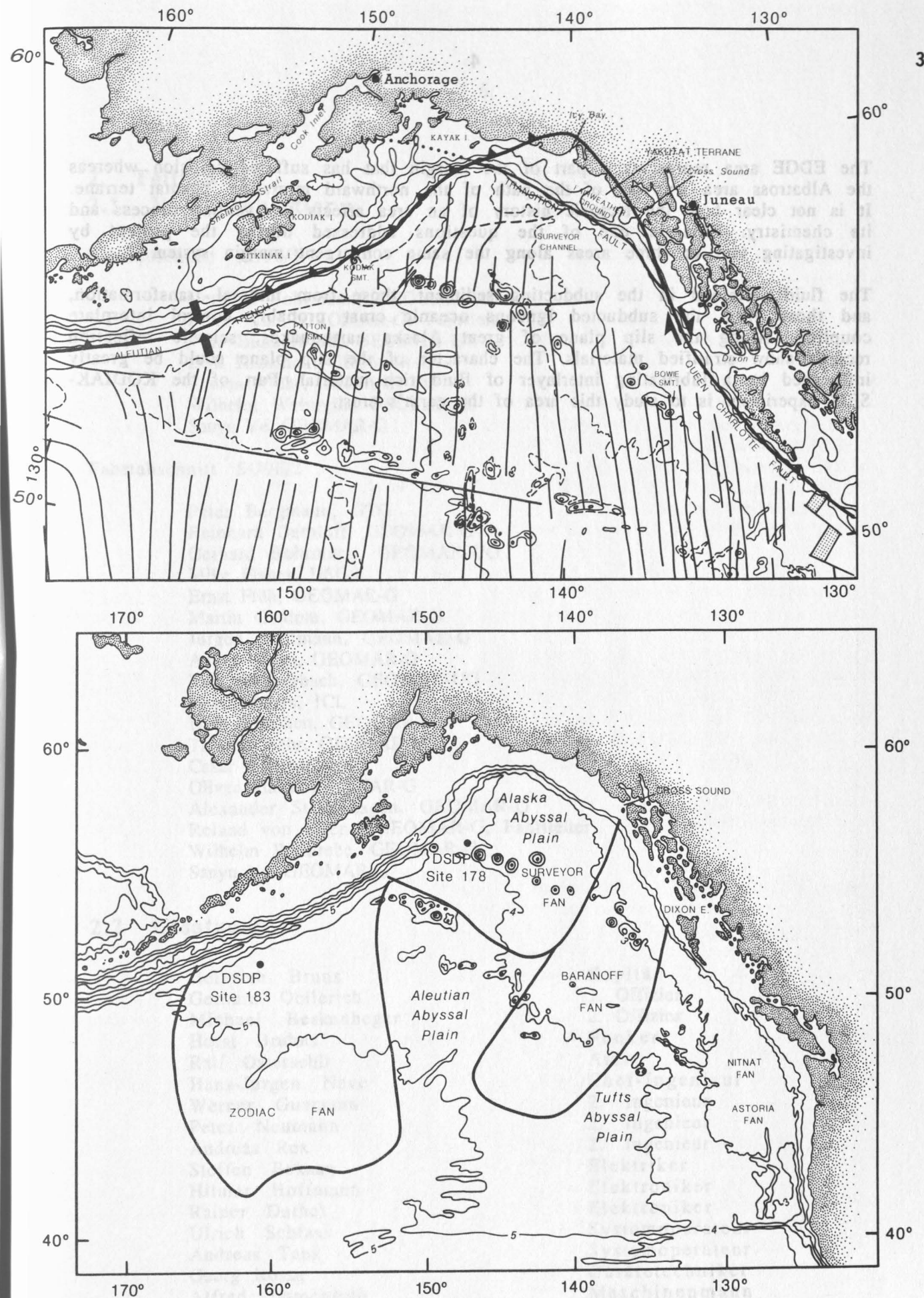


Abbildung 1.2.1 Upper: Map of the Gulf of Alaska showing plate boundaries in bold lines, transforms, magnetic anomaly trends and geographic features. Lower: Map showing fans (outlined in solid lines), abyssal plains, and DSDP sites in Zodiac and Surveyor fans.

The EDGE area represents a part of the margin that has suffered collision whereas the Albatross area was out of the path of the northward migrating Yakutat terrane. It is not clear how the tectonic history of an area affects the venting process and its chemistry. This is one of the questions addressed during the project by investigating two or three areas along the same convergent margin system.

The fluids retained in the subducting sediment, those from mineral transformation, and those from the subducted igneous oceanic crust probably control interplate coupling. Along the slip plane of great Alaska earthquakes, seismic reflection records show stratified materials. The character of the slip plane could be greatly influenced by a lubricating interlayer of fluid rich material. Part of the KODIAK-SEIS experiment is to study this area of the earth's crust.

2. Teilnehmer

2.1 Wissenschaftler

Fahrtabschnitt SO96/1

Gerhard Bohrmann, GEOMAR-UG
 Ernst Flüh, GEOMAR-G, Fahrtleiter
 Veit Hühnerbach, GEOMAR-UG
 Dirk Kläschen, GEOMAR-G
 Thomas Nähr, GEOMAR-UG
 Wilhelm Weinrebe, GEOMAR-G
 Sanyu Ye, GEOMAR-G

Fahrtabschnitt SO96/2

Peter Bergmann, GTG
 Reinhard Dethloff, GEOMAR-G
 Gerhard Bohrmann, GEOMAR-UG
 Mike Fisher, USGS
 Ernst Flüh, GEOMAR-G
 Martin Gerdorf, GEOMAR-G
 Jürgen Hoffmann, GEOMAR-G
 Andre Hojka, GEOMAR-G
 Veit Hühnerbach, GEOMAR-UG
 Kevin Jones, ICL
 Dirk Kläschen, GEOMAR-G
 Thomas Nähr, GEOMAR-UG
 Cesar Ranero, CSIC
 Oliver Ruoff, GEOMAR-G
 Alexander Stavenhagen, GEOMAR-G
 Roland von Huene, GEOMAR-G, Fahrtleiter
 Wilhelm Weinrebe, GEOMAR-G
 Sanyu Ye, GEOMAR-G

2.2 Besatzung

Heinrich Bruns
 Gerhard Oellerich
 Michael Berkenheger
 Horst Bruhns
 Ralf Osterschlt
 Hans-Jürgen Neve
 Werner Guzmann
 Peter Neumann
 Andreas Rex
 Steffen Bekaun
 Hilmar Hoffmann
 Rainer Duthel
 Ulrich Schlaak
 Andreas Tank
 Georg Rossa
 Alfred Immenroth
 Hans Bethge
 Dieter Wolf

Kapitän
 1. Offizier
 2. Offizier
 Funker
 Arzt
 Chef-Ingenieur
 2. Ingenieur
 2. Ingenieur
 2. Ingenieur
 Elektriker
 Elektroniker
 Elektroniker
 Systemoperator
 Systemoperator
 Gerätetechniker
 Maschinenmann
 Maschinenmann
 Maschinenmann

Horst Müller
 Adolf Cwienk
 Johann Bronn
 Hans-Jürgen Prechtel
 Sonja Hammor
 Karl-Heinz Hartwig
 Günter Stängl
 Helmut Krüger
 Götz vom Berg
 Karl-Hermann Schmaltz
 Jürgen Kraft
 Axel Peters

Koch
 Koch
 1. Steward
 2. Steward
 Stewardess
 Bootsmann
 Matrose
 Matrose
 Matrose
 Matrose
 Matrose
 Matrose

GEOMAR-G: Geomar, Abteilung Geophysik
 GEOMAR-UG: Geomar, Abteilung Umwelt Geologie
 GTG: Geomar Technologie GmbH
 CSIC: Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera", Barcelona
 ICL: Imperial College, London
 USGS: United States Geological Survey, Menlo Park

3. Fahrtverlauf

3.1 SO96/1 vom 10.6. bis 27.6.94

(E. Flüh)

Am 10.6. um 9:15 legte das FS SONNE vom Ocean Terminal in Hong Kong ab. Ein über 4000 Seemeilen langer Transit ins erste Arbeitsgebiet UNIMAK stand bevor. Der Kurushiro Strom, ruhige See und gelegentliche achterliche Brisen begünstigten die Fahrt. Das erste Arbeitsgebiet UNIMAK wurde am 23.6. um 11:30 erreicht. Der Fahrabschnitt endete am 27.6. um 7:00 in Kodiak, Alaska. In Abbildung 3.1.1 ist die gesamte Fahrtroute gezeigt. Die Lufttemperatur sank von 28° C in Hong Kong auf unerwartet niedrige Werte von nur 4° C zwischen dem vierzigsten und fünfzigsten Breitengrad, südwestlich des Aleutengrabens und Alaska stieg sie wieder auf 9° C an.

Die nur sieben Mann umfassende Wissenschaftler-Gruppe konnte sich intensiv mit Geräteinstallationen und verschiedenen Testmessungen beschäftigen. Ein eigenes Rechnernetz, basierend auf zwei SUN-Workstations mit umfassender Peripherie (10 GByte Plattenspeicher, X-Window Terminals, Drucker, Plotter, Bandlaufwerken und optischen Platten) wurde installiert und mit dem Bordrechnernetz verbunden. Über einen FTP-Zugang war der Zugriff auf die Navigations- und Hydrosweep-Daten möglich. Für Textverarbeitung und Grafik wurde ein kleines Macintosh-Netz aufgebaut.

Ein vom Lamont-Doherty Earth Observatory zur Verfügung gestelltes Softwarepaket zur Hydrosweepdatenbearbeitung konnte installiert und getestet werden und mit dem Hydromapsystem verglichen werden. Bei der Installation der GEOSYS-Software zur seismischen Datenbearbeitung ergaben sich auf der SPARC-10 Workstation Probleme beim Abspeichern größerer Datenmengen, die erst zu Beginn des zweiten Fahrabschnittes vollständig gelöst werden konnten.

Ein neues Softwarerelease von V. Spieß (Bremen) für die Parasound-Datenaufzeichnung konnte nach Anfangsschwierigkeiten eingespielt werden, die Aufzeichnung der Daten auf Magnetband war jedoch leider nicht möglich.

Mit den Ozeanbodenseismometern (OBS) wurde eine "Trocken"-registrierung durchgeführt, ebenso wurde das Triggersignal getestet und das sich anschließende Erstellen der Schußpunktdateien (Zeit, Position, Wassertiefe) programmiert. Einige Blitzlichtgeräte hatten den Transport nicht unbeschädigt überstanden, es konnte jedoch kurzfristig Ersatz für den zweiten Fahrabschnitt bestellt werden.

Am 22.6. um 15:30 begann mit Überschreiten des 170. Längengrades die digitale Aufzeichnung der Hydrosweep-Daten. Der Kurs verlief seewärts vom Aleutengraben und die beim Abtauchen der ozeanischen Platte in den Tiefseegraben typischen Verwerfungen mit Sprunghöhen von bis zu 300 m waren gut zu erkennen.

Im ersten Arbeitsgebiet UNIMAK waren eine Hydrosweep/Parasound-Vermessung sowie EXPLOS Stationen als Vorbereitung für SO97 geplant. Das erste Hydrosweep-Profil wurde am 23.6. um 11:30 begonnen, aus der eilig zusammengestellten Karte wurde die erste EXPLOS-Station in 4400 m Wassertiefe bestimmt und um 18:00 begonnen. Bei 1900 m Seillänge wurden schwerwiegende Beschädigungen am Draht festgestellt. Vorsichtig wurde das EXPLOS wieder an Deck gehievt. Da der Draht unbrauchbar war, mußte auf weitere Einsätze verzichtet werden. Das

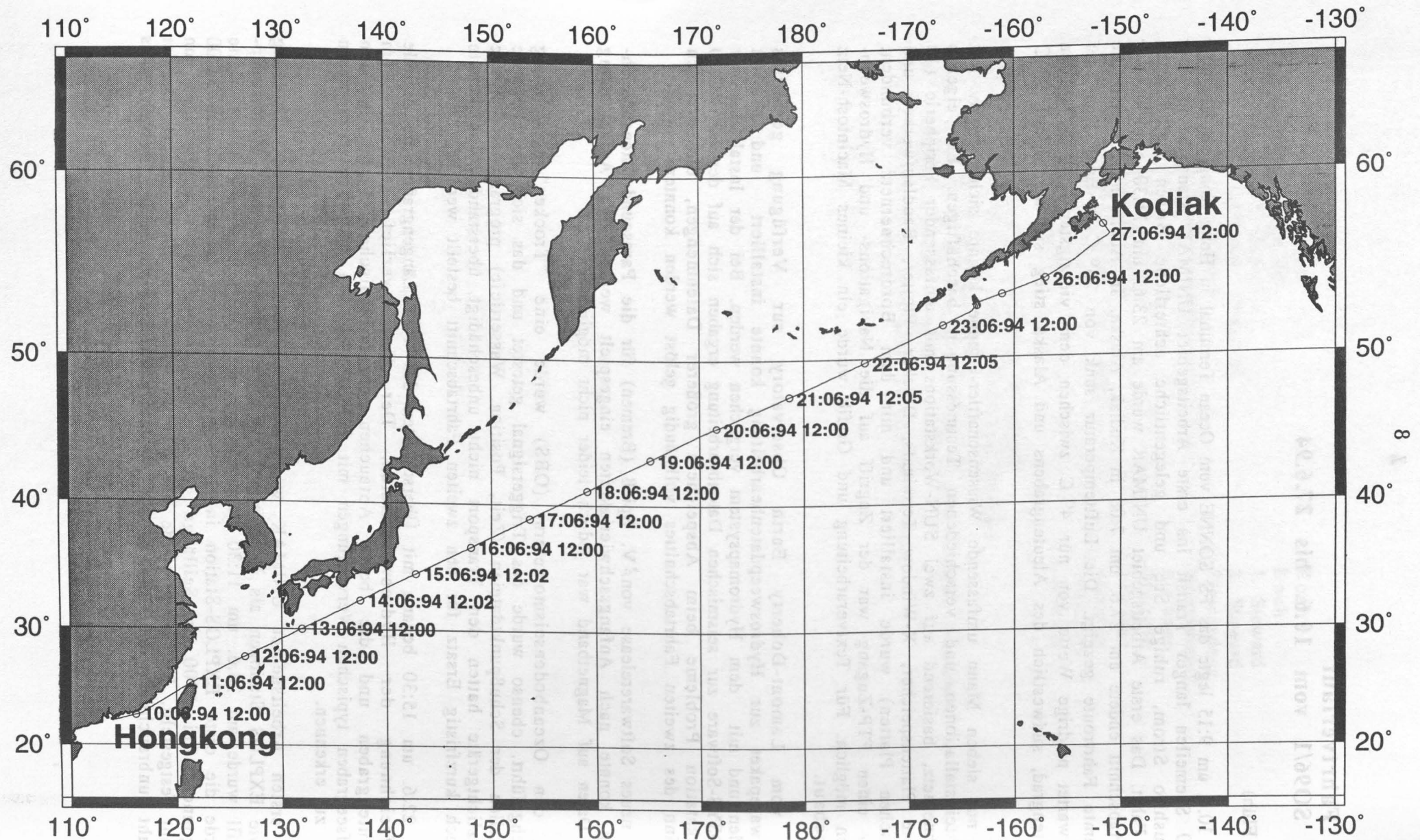


Abbildung 3.1.1 Gesamtfahrtverlauf des Abschnittes SO96-1, Zeiten in UTC.

Aufspulen des Ersatzdrahtes wurde für den ohnehin geplanten Zwischenstop in Kodiak vorgesehen, der kurzfristig verlängert wurde. Auf hoher See stellte diese Arbeit eine zu große Gefahr dar.

Die Hydrosweep/Parasound-Vermessungen wurden ausgeweitet, zusätzlich konnten noch die Release-Transponder der OBS an der W4-Winde in 3500 m Wassertiefe auf ihre Funktionsfähigkeit geprüft werden. An dem eigens für diesen Zweck gebauten Rahmen können vier Geräte gleichzeitig getestet werden. Ein erster Test fand am 24.6. statt, drei der vier Geräte arbeiteten fehlerfrei. Das vierte ließ sich nicht ansprechen, obwohl vorher und nachher seine Funktionsfähigkeit im Labor vorhanden war. Es handelte sich um ein völlig neues Gerät. Zwei weitere Tests fanden am 25.6. statt, alle übrigen acht Geräte waren fehlerfrei. Erstmals haben wir dabei auf der SONNE unser Steuergerät an die bordeigene SONATRAC-Anlage angeschlossen und das im Bug befindliche Ausfahr-gestell benutzt. Dieses ist deutlich besser als ein außenbords gehängtes Hydrophon; vor allem ist damit sehr viel schneller zu arbeiten.

Die Untersuchungen im Arbeitsgebiet UNIMAK waren am 24.6. um 20:15 beendet. Auf dem Weg nach Kodiak wurden noch vier zusätzliche Hydrosweep Profile im Arbeitsgebiet SHUMAGIN gefahren, welches am 25.6. um 14:30 erreicht und am 26.6. um 03:00 verlassen wurde. Ein detaillierter Profilplan der beiden Arbeitsgebiete ist in Abbildung 3.1.2 gezeigt.

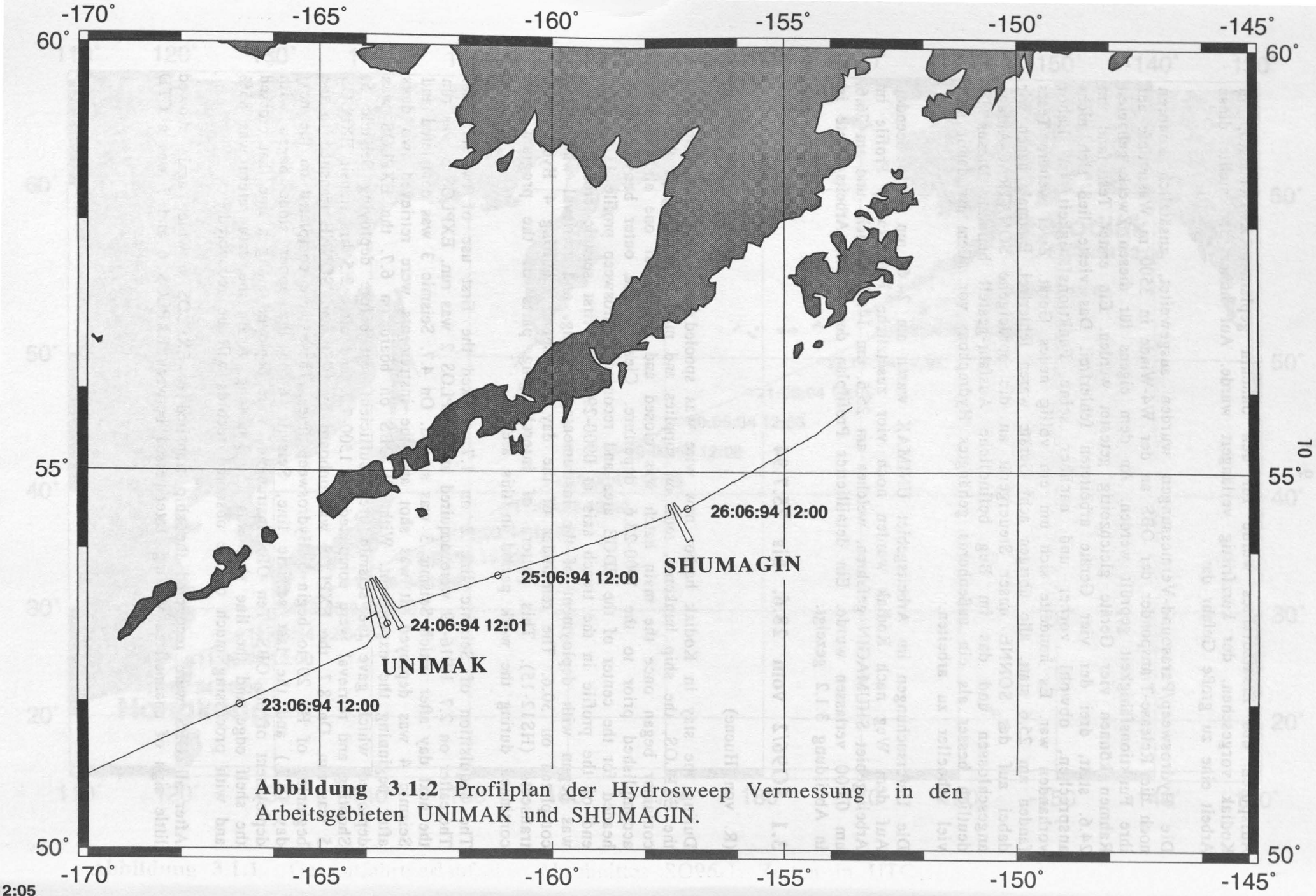
3.1 SO96/2 vom 28.6. bis 25.7.94

(R. von Huene)

During the stay in Kodiak harbor new wire was spooled onto the main winch for the EXPLOS, the ship bunkered, took on supplies and mail. Unpacking of the OBS container began once the main hatch was closed and rigging of one air gun was accomplished prior to the 1900-28.6. departure. Clearing the outer buoy SONNE headed for the center of the EDGE area and recorded Hydrosweep profile 11. At the end of the profile in the trench axis at 0900-29.6. the first seismic crossline (S-1) was begun with deployment of the instruments, shooting, and retrieval which was completed on 30.6. The remainder of the day was spent acquiring 4 Hydrosweep transects (HS12-15). This pattern of interchanging parts of the program was continued during the work period in this area.

The acquisition of Seismic line 2 on 1.7. marked the first use of two airguns. Thereafter on 2.7. HS16-19 were acquired and EXPLOS 2 was run. EXPLOS 3 was run the next day after which Seismic 3 was started. On 4.7. Seismic 3 was completed and Seismic 4 was deployed. It was shot and the instruments were retrieved two days after beginning the experiment. With all OBS on board on 6.7. the EXPLOS was deployed which gave the seismic crew sufficient rest before deploying Seismic 5. Shooting and retrieval were completed by 1500-7.7. and after 2.5 hrs transit EXPLOS 5 was run. On 8.7. the EXPLOS was onboard by 0230 and SONNE transited to the beginning of HS 20 to begin 5 Hydrosweep lines. These were completed on the next day (9.7.) and the last seismic line, Seismic 6 on the upper slope began with deployment of the OBS. Ten OBS instruments were deployed along a line that crossed the shelf edge and the line shot was 150 km long. Again the data return was 85% and with processing much of the obscured records will be recovered.

After all OBS were recovered the ship transited to EXPLOS 6 which again showed little sign of channelized venting. Interspersed between EXPLOS 6 and 7 was a CTD



which was run to check the EXPLOS derived sound velocity and other hydrological parameters.

Hydrosweep mapping during the next 3 days gave some time for data to be examined and stored. First 2 lines were run on the southwestern end of the coverage to cover a DSDP site on a high ridge along the trench axis. Then the northeastern area was run to join the existing Seabeam data and document the great difference in tectonic structure between EDGE and the TACT line. To insure arrival in waters difficult to navigate near the volcano Augustine the lines were shortened and at 2000-14.7. SONNE transited to the beginning of Seismic 7 for deployment. This began at 2300 and lasted the night. In deteriorating weather SONNE arrive near Augustine at 1100-15.7. and deployed the airguns to begin shooting the line. Soon the ship was in gale force winds of 35 kts and seas to 4-5 m. Near noon the starboard airgun failed and when retrieved it was seen that the afterbody had broken away and all air hoses were severed. Shooting continued until midnight when the port gun developed a hole in the airhose and had to be retrieved. With the poor weather and the potential danger of deploying the heavy guns it was decided to terminate the line prematurely and recover the OBS. The last instrument was onboard by noon and the transit to the southern end of Kodiak Island began.

During the transit the weather abated somewhat and the first two Hydrosweep lines (38 & 39) were completed by 0900. For unknown reasons the Hydrosweep failed to record these data. Deployment of OBS and shooting of Seismic 8 occupied most of 19.7. and the OBS were retrieved until the ninth one failed to respond. Searching for 2 hours proved unsuccessful and the last instrument was left for recovery at a later time to start the first EXPLOS in the Albatross area. The EXPLOS run went well until the navigation system cylinder in the sled imploded. Although rated for 6 km depth, it failed at 4900 m. The day finished with recovery of the last two OBS. On interrogating the second time the unresponsive instrument was called to the surface. The weather was again deteriorating and during the night of 20-21.7. two tracks of Hydrosweep produced no trustworthy data because of sea-states to 8 and 9. Two Hydrosweep tracks at reduced speed and with the sea provided usable data. The next day seismic instruments were deployed for the crossline and shooting with only one gun continued until 0700-22.7. After a transit an EXPLOS run was started at 1000 which ran to 1830. The OBS along Seismic 9 were then recovered and by 2300 all were onboard. Sixty two OBS deployments were made during SO96 and all instruments were recovered with about 85% data recovery. The night of 23-24.7. yielded two more Hydrosweep profiles and at 0700 the EXPLOS was made ready and lowered for the tenth run which was by far its longest at 12 hours over-the-side time. From there a small addition to the Hydrosweep net was added on the way into Kodiak. SONNE ended cruise SO96 at the outer buoy of Kodiak harbor at 0700 hrs 25 July to take on the pilot.

5. Offshore-Magnetisch-Rechner und Drucker für Textverarbeitung und Graphik

Aufbau und Vernetzung

Die Größe wurde auf dem Deck II im Magnetik-Ordnungsraum und im Kabinenraum aufgestellt. Die Vernetzung der Rechner miteinander erfolgte über "Token-Ring-Systeme". Über die in den Kabinen vorhandenen Netzwerkmöglichkeiten wurde das lokale Netzwerk in das Bordnetz integriert. Durch Einsatz von Netzwerkkomponenten (HUB, NFS, Automounter) konnte an den vier graphischen Arbeitsplätzen eine einheitliche Benutzeroberfläche geschaffen werden. Die Peripherie (Drucker, Plotter, Laufwerke) war von allen Plätzen aus verfügbar.

Die Verbindung in das Bordnetz erfolgte auf Basis der TCP/IP-Protokolle. Alle Rechner des Bordnetzes - sowohl Bordnetzstationen als auch externe Stationen - waren damit erreichbar. Für das Datenmanagement wurde auf der SUN Sparc10/30 ein "Database

4. Wissenschaftliche Geräte

4.1 Rechneranlagen

(W.Weinrebe)

Obwohl schiffsseitig der Wissenschaft mehrere Rechner zur Verfügung stehen, mußten für die besonderen Anforderungen des Abschnittes SO96/2 eigene Rechner eingesetzt werden.

Die Aufgaben dieser Rechner umfassen ein weites Spektrum:

1. Einlesen der registrierten Daten der Ozeanbodenseismometer (siehe 4.2.2), Umformatieren der Daten und Speicherung auf Magnetband.
2. Übernahme der Navigationsdaten aus dem Bordrechnersystem.
3. Qualitätskontrolle der OBS-Aufzeichnungen.
4. Processing und erste Interpretation der seismischen Daten (siehe 5.6).
5. Übernahme der Hydrosweep-Daten und Bearbeitung - parallel zum bordeigenen Hydromap 300-System - mit dem Programm "mbsystem" von LDEO (siehe 5.1).
6. Textverarbeitung, Tabellenkalkulation und Grafik.

Die folgenden Geräte wurden eingesetzt:

1. SUN-Workstation Sparc 10/30 mit 32 MB RAM, 5.4 GB Plattenspeicher, 20" Farbbildschirm.
2. SUN-Workstation IPC mit 24 MB RAM, 4.2 GB Plattenspeicher, 16" Farbbildschirm, CDROM-Laufwerk, Exabyte-Laufwerk, 1/2" Magnetbandlaufwerk, Methusalem-Abspielanlage für OBS-Daten, OYO 12" Thermoendlosplotter.
3. X-Window-Terminal NCD15r, 15" monochrom.
4. X-Window-Terminal NCD15r, 15" monochrom.
5. Laserdrucker Apple LaserWriter630pro, A4, 600 dpi.
6. Mehrere Macintosh-Rechner und Drucker für Textverarbeitung und Graphik.

Aufbau und Vernetzung:

Die Geräte wurden auf dem Deck II im Magnetik-Gravimetrielabor und im Reinlabor aufgestellt. Die Vernetzung der Rechner miteinander erfolgte über "Thinwire-Ethernet", über die in den Räumen vorhandenen Netzwerkanschlüsse wurde das lokale Ethernet in das Bordnetz integriert. Durch Einsatz von Netzwerkdiensten (NIS, NFS, automounter) konnte an den vier graphischen Arbeitsplätzen eine einheitliche Benutzerumgebung geschaffen werden; die Peripherie (Drucker, Plotter, Laufwerke) war von allen Plätzen aus verfügbar.

Die Einbindung in das Bordnetz erfolgte auf Basis der TCP/IP-Protokolle. Alle Rechner des Bordnetzes - soweit Benutzerzugang zugelassen - waren damit erreichbar. Für den Datenaustausch wurde auf der SUN Sparc10/30 ein "anonymer

FTP-Zugang" eingerichtet. Die Systemverwalter der Bordrechner konnten darüber Navigationsdaten und Hydrosweepdaten übergeben.

4.2 Seismische Datenerfassung

4.2.1 Das GEOMAR Ozeanbodenseismometer

(E. Flüh)

Für die Fahrt SO96 standen 10 Ozeanbodenseismometer (OBS) sowie einige Ersatzteile zur Verfügung. Diese wurden 1991 bei GEOMAR gebaut und erstmals auf der Fahrt SO76 im Januar 1992 eingesetzt. Nachdem die nicht ungewöhnlichen ersten Anfangsschwierigkeiten überwunden wurden, haben sich die Geräte mittlerweile zu einem verlässlichen System entwickelt und wurden auf dieser Ausfahrt bereits zum siebten Mal eingesetzt. Da die Geräte nur mit einem Hydrophon ausgerüstet sind, ist häufig auch die Bezeichnung OBH (Ocean Bottom Hydrophone) gewählt worden.

Der prinzipielle Aufbau ist in Abbildung 4.2.1.1 gezeigt, ein Bild vom Gerät beim Absetzen in Abbildung 4.2.1.2. Das Gerät besteht im wesentlichen aus einem Zentralrohr, an dessen Spitze der Auftriebskörper aus syntaktischem Schaum befestigt ist (Flüh u. a., 1994). Darunter ist das Hydrophon, die Registrierelektronik mit Batterien und der akustische Release-Transponder angebracht. Oberhalb des Auftriebskörpers sind ein Blitzgerät, ein Peilsender, das Hydrophon des Release-Transponders, eine Markierungsflagge sowie ein Seil mit einem zusätzlichen Auftriebskörper zum Einfangen des Gerätes angebracht. Das Hydrophon ist ein E-2PD der Firma *OAS Inc.*, der Release-Transponder das Model RT661CE der Firma *MORS*. Die Registriereinheit der Firma *DELTA* wird als Methusalem bezeichnet. Er enthält einen Vorverstärker (26 db), einen 13 bit A/D-Wandler, Hochpass- und Antialias-Filter und einen Kernspeicher von 0.768 MByte. Die seismischen Signale werden mit 800 Hz digitalisiert und nach einer FIR-Dezimationsfilterung wird eine Auflösung von 14 bis 15 bit erzielt. Die Daten werden als 16-bit integer Werte gespeichert. Der Methusalem wird über eine RS232-Schnittstelle vor dem Einsatz programmiert, es können wahlweise 1 bis 4 Kanäle bei variabler Verstärkung und Samplerate aufgezeichnet werden. Die Datenaufzeichnung erfolgt auf einem DAT-Rekorder (*AIWA* Model HD-S1). Dabei werden die Daten zunächst im Kernspeicher gesammelt und anschließend in Blöcken von 0.768 MByte auf Band gespeichert. Der Methusalem verfügt über einen hochgenauen DTCXO (Genauigkeit 0.05 ppm) als Zeitbasis. Diese wird über ein GPS-Signal vor dem Einsatz abgeglichen und nach Ende der Registrierung wird die Drift bestimmt, die dann linear angenommen wird. Zur Stromversorgung können wahlweise gasdichte Bleiakkumulatoren oder Monozellen eingesteckt werden. Die Release-Transponder können auf dem FS SONNE über die SONATRAC Anlage angesprochen werden.

Nach Ende der Registrierung werden die Daten über eine SCSI-Schnittstelle auf eine SUN-Workstation übertragen, und dort mit den Navigationsdaten verbunden und im SEG-Y-Format gespeichert (siehe Punkt 4.2.2). Erste Seismogrammsektionen sind schon wenige Stunden nach dem Aufnehmen der Geräte abzuspielen.

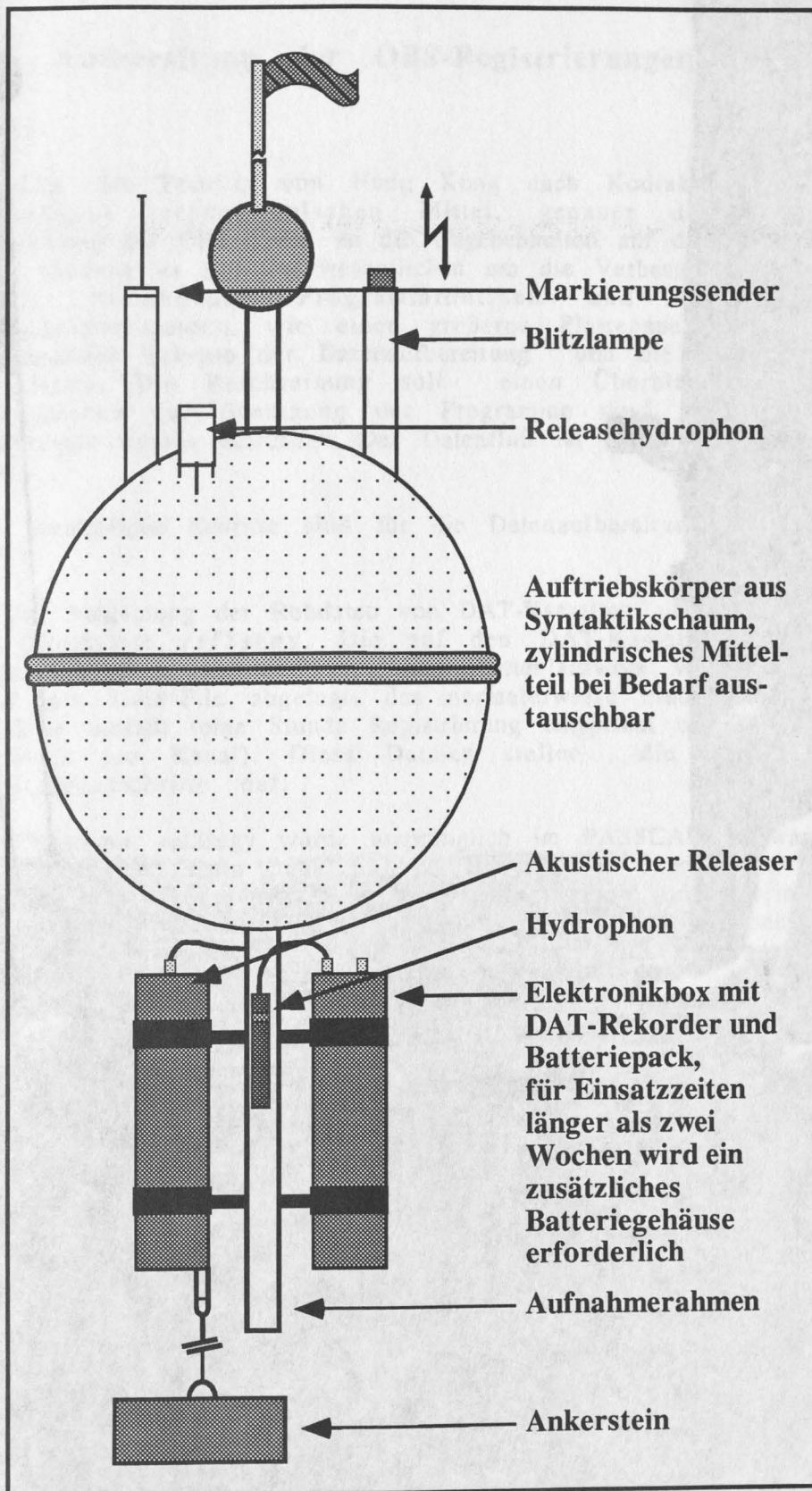


Abbildung 4.2.1.1: Prinzipieller Aufbau des GEOMAR-Ozeanbodenseismometers

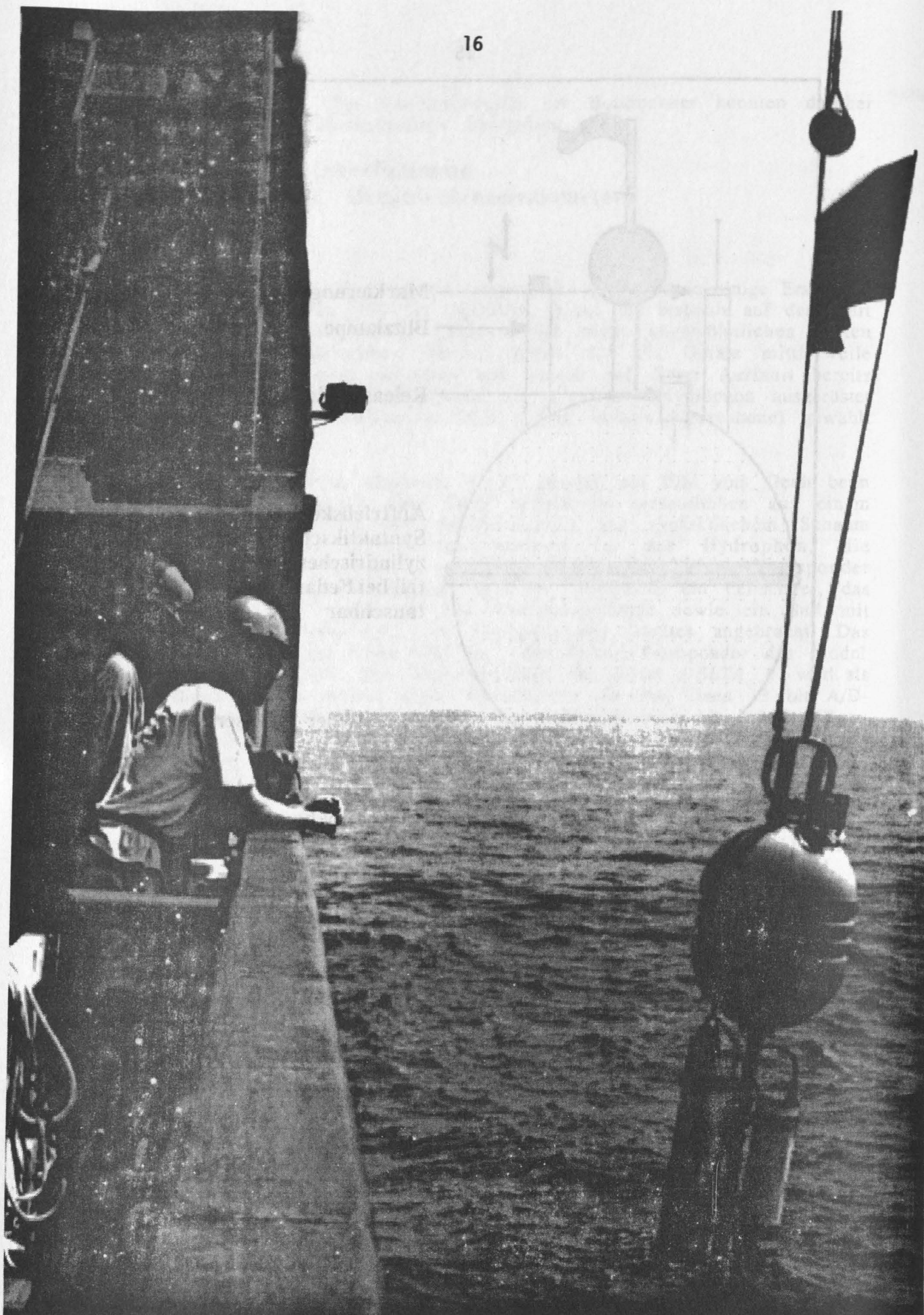


Abbildung 4.2.1.2 Das GEOMAR Ozeanbodenseismometer beim Absetzen.

4.2.2 Aufbereitung der OBS-Registrierungen

(S. Ye)

Die Zeit des Transits von Hong Kong nach Kodiak wurde genutzt, um die notwendigen rechentechnischen Mittel, genauer die Programme für die Aufbereitung der OBS-Daten, an die Gegebenheiten auf dem FS SONNE anzupassen. Dabei handelte es sich im wesentlichen um die Verbesserung und Erweiterung von bereits bestehenden Programmroutinen und die Einbindung neuer Hardwarekomponenten, wie einen größeren Plattenspeicher. Im folgenden sind die einzelnen Schritte der Datenaufbereitung und die anzuwendenden Programme beschrieben. Die Beschreibung soll einen Überblick vermitteln, detaillierte Informationen zur Benutzung der Programme sind per 'man page' aus den Programmen heraus aufrufbar. Der Datenfluß ist schematisch in Abbildung 4.2.2.1 gezeigt.

Drei wesentliche Schritte sind für die Datenaufbereitung der OBS-Registrierungen nötig:

- 1.) Die Abspielung der Rohdaten von DAT-Kassetten auf eine SUN-Workstation mit dem Programm `ref2seggy`. Die auf den DAT-Kassetten aufgezeichneten Daten werden dabei demultiplext. Auf dem Plattenlaufwerk wird für jeden registrierten Kanal ein Unix-File abgelegt, das normalerweise eine Größenordnung von 100 Megabyte umfaßt (eine Stunde Registrierung entspricht bei 200 Hz Abtastrate 1.44 Megabyte pro Kanal). Diese Dateien stellen die Basis für alle weiteren Bearbeitungsschritte dar.

Das Programm `ref2seggy` wurde ursprünglich im PASSCAL Softwarepaket von IRIS mitgeliefert und dann nach unseren Bedürfnissen modifiziert. Die ursprüngliche Aufgabe des Programms war recht umfangreich, aber primär dazu gedacht ereignisgesteuerte Daten abzuspielen. Unsere Modifikationen beschränkt die Funktion des Programms auf die Bearbeitung kontinuierlicher Registrierungen.

- 2.) Das Erstellen von Schußdateien im UKOOA-Format erfolgt mit dem Programm `seggy2trig`. In das UKOOA-File sind die Schußzeit und dazugehörigen Koordinaten jedes Schusses sowie die Lokation der OBS- Stationen einzutragen. Die Genauigkeit aller Daten, insbesondere der Schußzeiten, ist für die Refraktionsseismik von vitaler Bedeutung. Die früheren bitteren Erfahrungen mit fehlerhaften UKOOA-Files, die die Schußzeiten nicht mit der erforderlichen Genauigkeit enthielten, bewegten uns dazu, das Triggersignal mit einem Methusalem Rekorder aufzuzeichnen, um damit die Triggerzeiten genau bestimmen zu können (siehe Punkt 4.3.2). Das Programm `seggy2trig` liest die abgespielten Daten der Triggerregistrierung ein und ermittelt dabei die Schußzeiten. Die zugehörigen Koordinaten und Wassertiefen werden dann aus der Navigationsanlage des Schiffes abgelesen und wenn nötig geglättet. Für den Abstand zwischen den Airguns und der GPS-Antenne des Schiffes wird eine Korrektur angebracht.

- 3.) Der Schußabelle folgend werden aus dem Plattenfile mit dem Programm `seggy2rec` die einzelnen Schußrecords ausgeschnitten und im SEGYY-Format abgespeichert, um dann für weitere Schritte mit Bearbeitungspaketen für seismische Daten zur Verfügung stehen und um erste Seismogrammontagen zu erstellen. Die Drift der internen Uhr des OBS wird hier korrigiert. Im Unterschied zur normalen Reflexionsseismik fällt die Startzeit einer Spur nicht mit dem Schußmoment zusammen, sondern entspricht einer mit einer Geschwindigkeit reduzierten Zeit ($T = T_0 - \text{Entfernung} / \text{Geschwindigkeit} - \text{Vorlaufzeit}$). Gewöhnlich wird

Transcription of OBS field data

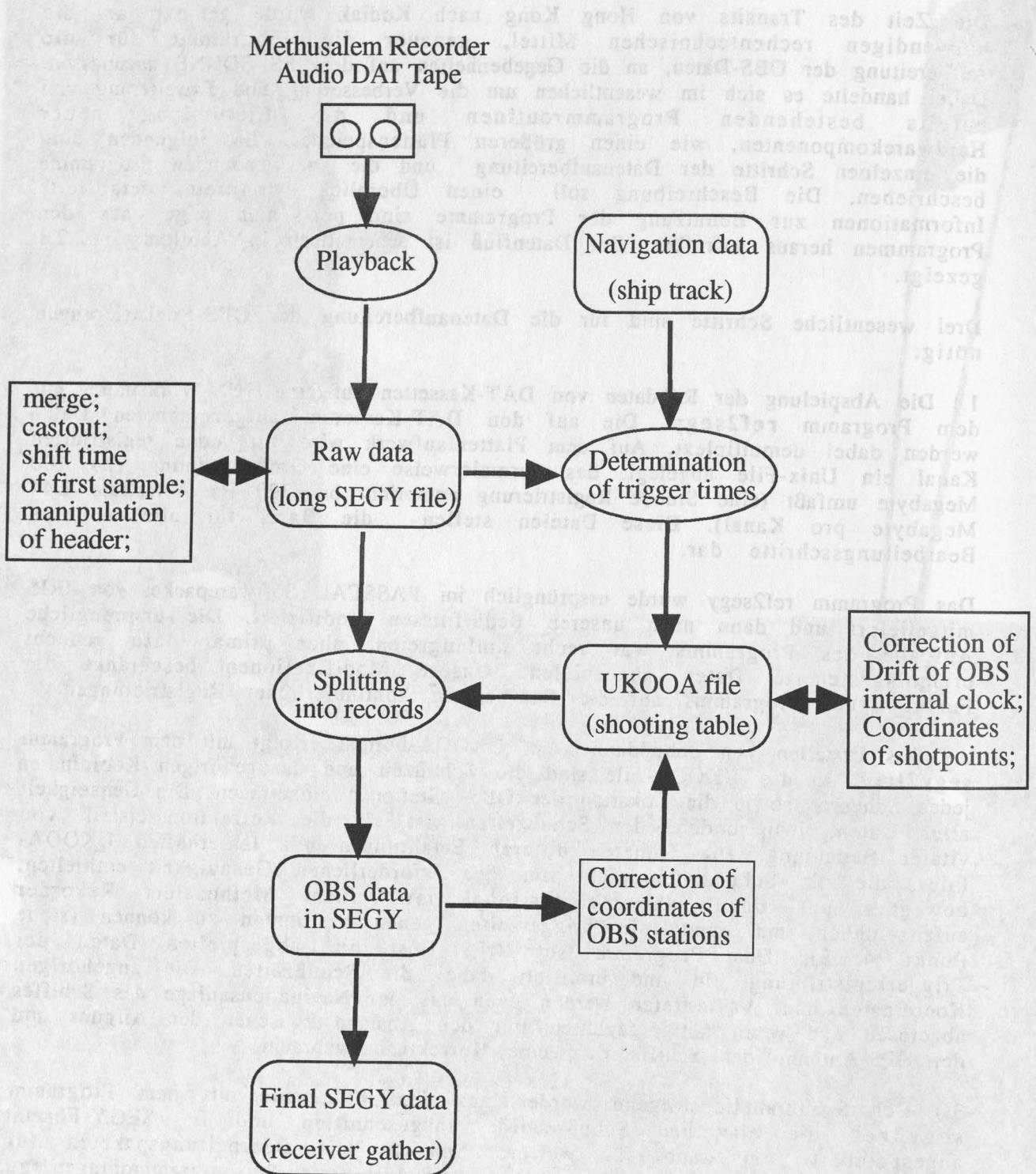


Abbildung 4.2.2.1 Datenfluß der Aufbereitung von OBS-Registrierungen.

eine Reduktionsgeschwindigkeit von 6 km/s und eine Vorlaufzeit von 2 s gewählt. Die Länge der Spuren wird in der Regel auf 20 s beschränkt.

Die so erzeugten seismischen Spuren werden dann mit dem Programmpaket GEOSYS (siehe 5.6.2) weiterverarbeitet. Neben den oben beschriebenen Programmen gibt es einige Hilfsprogramme um gelegentlich auftauchende Probleme zu beheben. Dabei geht es um die Manipulation der abgespielten Rohdaten und die Korrektur von Geometrieinformation im UKOOA-File. Die wichtigsten dieser Hilfsprogramme sind:

merge: dieses Programm kann mehrere Datenfiles der Rohdaten in ein kontinuierliches File schreiben und dabei auftretende Lücken mit Nullen auffüllen bzw. überlappende Teile entsprechend eliminieren. Es wird gebraucht wenn bei der Abspielung der DAT-Kassetten oder bei der Datenaufnahme Lücken entstehen.

castout: hiermit kann ein vorgegebenes Zeitfenster aus den Rohdaten ausgeschnitten werden.

divide: kann den Rohdatenfile in Spuren vorgegebener Länge aufteilen und im SEG-Y-Format abspeichern. Es wird benötigt um schnell Seismogrammontagen zu erstellen, wenn die Geometrieinformation (UKOOA-File) noch nicht vorliegt.

seg-yhdr: erstellt eine Liste der Headerwerte der Rohdaten

seg-yshift: verschiebt die Zeitbasis in dem Rohdatenfile, z.B. von UTC auf lokale Zeit.

relobs: Aus den Laufzeiten der direkten Welle (Wasserwelle) in der Nähe des OBS kann der seitliche Versatz des OBS relativ zum Profil bestimmt werden. Die neu ermittelte OBS-Position wird in das UKOOA-File übertragen, damit werden dann erneut die SEG-Y-Spuren erzeugt.

correct: kann einzelne Werte im UKOOA-File korrigieren.

4.3 Anregung seismischer Wellen

4.3.1 Luftpulser

(E. Flüh)

Es konnten zwei Airguns der Firma *BOLT* mit einem Kammervolumen von jeweils 32 Litern eingesetzt werden. Eine der beiden Airguns wurde aus Projektmitteln neu angeschafft und konnte aufgrund der notwendigen Bauzeit erst beim Zwischenstop in Kodiak an Bord genommen werden. In Abbildung 4.3.1.1 ist eine der beiden Airguns gezeigt. Die Schlauchpakete und die Aufhängung für die neue Kanone mußten erst zusammengebaut werden, so daß sie für den ersten seismischen Einsatz noch nicht zur Verfügung stand. Die Geräte wurden über die Festmacherwinden und Blöcke zu beiden Seiten des A-Rahmens gefahren. Bei ruhiger See stellte das Ein- und Ausbringen kein größeres Problem dar. Bei notwendigen Reparaturen während der Profildfahrten konnte die jeweils andere Airgun im Wasser bleiben, so daß das Profil nicht unterbrochen werden mußte.

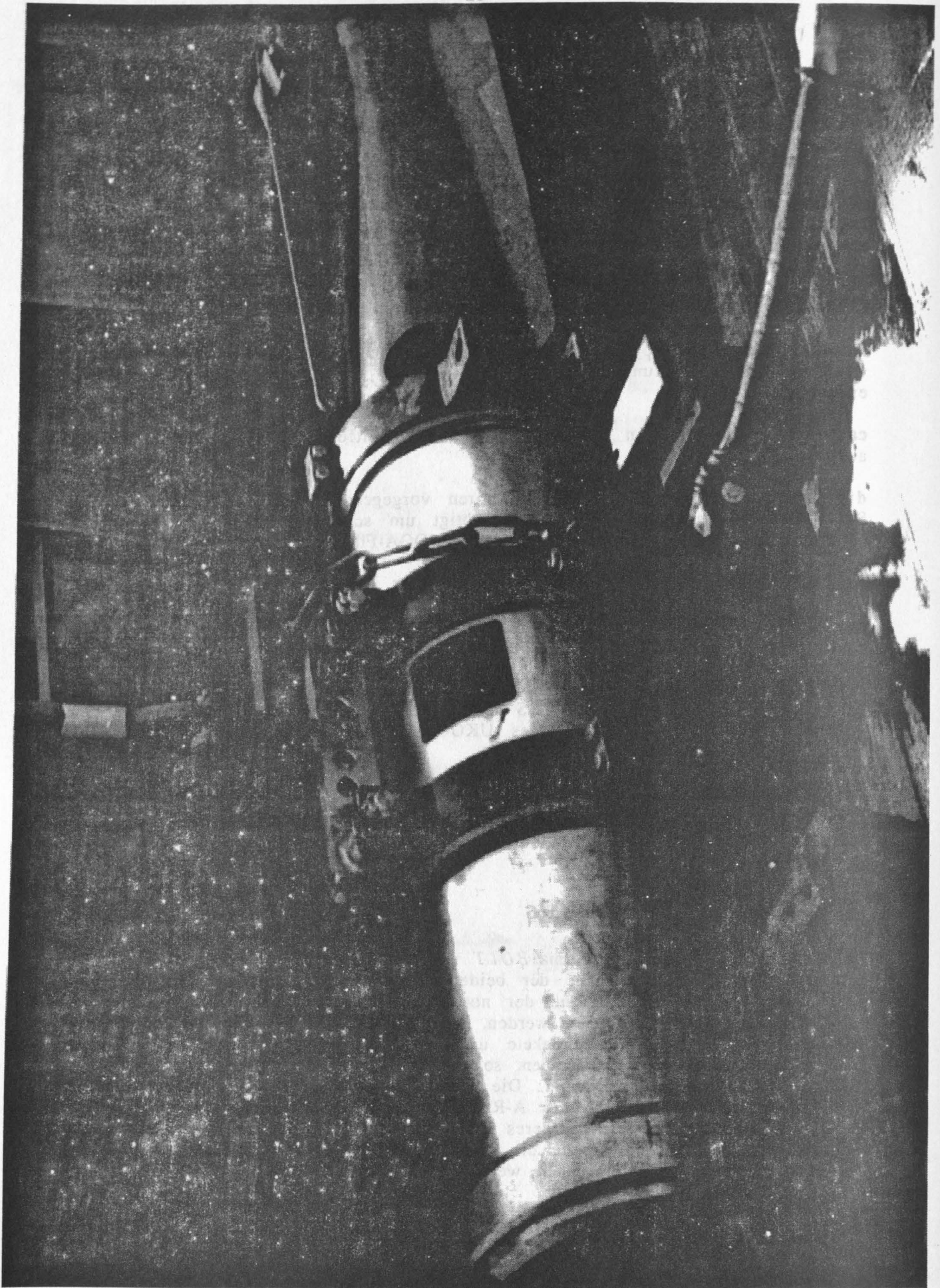


Abbildung 4.3.1.1 Die 32 ltr. BOLT Airgun 800 CT.

4.3.2 Triggerimpuls

(E. Flüh)

Der Triggerimpuls für die Airguns wurde von der ANP-Anlage des FS SONNE geliefert. Dabei wurde ein konstantes Zeitintervall (in der Regel 60 s) gewählt. Über eine 5 Volt Spannungsquelle konnte die Triggerbox der Airguns gesteuert werden. Da die Zeitkonstanz der ANP-Uhr unzureichend ist (Driftraten über 10 ms pro Stunde), wurde das Triggersignal mit eigenen Mitteln gegen eine genauere Zeitbasis kalibriert. Ein nachgeschalteter 1 MOhm Widerstand teilte das Signal auf 0.5 Volt, dieses wurde mit einem Methusalem Rekorder kontinuierlich aufgezeichnet. Der Methusalem Rekorder, der baugleich mit den in den OBS eingesetzten Rekordern ist, wird zu Beginn einer Aufzeichnung gegen eine GPS-gesteuerte Uhr gesetzt und verfügt über ein hochgenaues DTCXO (siehe 4.2.1). Am Ende der Registrierung wird die Drift bestimmt (typischerweise 5 bis 10 ms pro Tag) und linear interpoliert. Mit dem Methusalem Rekorder wird gleichzeitig das GPS-Zeitsignal in kodierter Form (DCF77-Code) aufgenommen, um bei eventuellen Registrierunterbrechungen oder fraglichen Triggerzeiten eine Kontrollmöglichkeit zu haben. Weiterhin werden die beiden Kontrollhydrophone der Airguns mitregistriert, um auch hier eine zusätzliche Kontrolle zu ermöglichen.

Die Aufzeichnungen werden wie gewöhnliche OBS Registrierungen behandelt, über einen Ereignisdetektor wird die genaue Triggerzeit bestimmt und in das Navigationsfile übertragen. Die dazugehörigen Positionen werden aus der ANP-Anlage übernommen und zusammen mit der Triggerzeit im UKOOA Format gespeichert.

Das System hat während der gesamten Fahrt fehlerfrei funktioniert.

4.4 Magnetometer

(J. Hoffmann und C. Ranero)

During the cruise SONNE-96 measurements of the total intensity of the Earth's magnetic field were carried out with a proton precession magnetometer G-866 from EG&G Geometrics. The two main components of the G-866 are the magnetic sensor and the control and recording unit which are connected via a cable.

The sensor essentially consists of a non-magnetic container, filled with a hydrogen-rich liquid (e.g. petrol) in which a coil is immersed. During the polarisation cycle an electric current generates a strong magnetic field in the coil and forces the magnetic moments of the protons to be aligned for a short time parallel to the excited field. During the following measuring cycle, i.e. when the electric current is turned off, the previously excited field is removed and the protons "try" to realign themselves with the Earth's magnetic field. According to the moment preservation law, this happens by precession of the protons with a certain frequency which is directly proportional to the intensity of the Earth's magnetic field. Basically, this frequency is measured as AC current created by magnetic induction in the coil, amplified, counted and transformed to magnetic field intensity values (measuring unit : 10^{-9} Tesla = 1 nT), which are recorded.

In order to minimise the influence of the ships body to the measurements, the sensor is supposed to be towed at two to three times the ships length behind the ship. In our experiment, the cable connecting the sensor with the recording unit

had a length of 217 m, and the length of the R/V SONNE is 95 m. In addition, the cable drum could not be installed at the rear end of the ship, due to the presence of seismic instrumentation. Therefore, the sensor could only be deployed at about 190 m behind the vessel.

The control and recording unit allows simultaneously analog and digital printouts of the measurements. In addition, the recording unit can be connected via the interface RS-232 to a computer for digital recording and storage of the raw magnetic data in ASCII files. The data files consist of day (Julian day), time and field readings of the absolute values of the Earth's magnetic field. For digital recording and data storage an IBM compatible PC was connected to the magnetometer. The ASCII data files were transferred to SUN workstations for quality control, data processing and plotting.

4.5 Schiffsseitige Ausrüstung

4.5.1 Hydrosweep

(W. Weinrebe)

Für eine kontinuierliche, effektive Kartierung des Meeresbodens steht an Bord des FS SONNE die Anlage Hydrosweep DS der Firma *Atlas Elektronik GmbH* zur Verfügung. Dieses Fächerecholotsystem erreicht durch die gleichzeitige Benutzung von 59 Schallstrahlen eine Vermessungsbreite vom ca. zweifachen der Wassertiefe; bei einem Rollwinkel kleiner 10° und einem Stampfwinkel kleiner 5° mit einer Genauigkeit von ca 1%. Die Reichweite liegt bei ca. 10.000 m Wassertiefe für den zentralen Strahl und bei mehr als 7.000 m für die äußeren Strahlen. Durch einen Selbstkalibrierungs-Mechanismus wird die Wassertiefe optimal ermittelt. Die empfangenen Daten werden kontinuierlich auf Magnetband aufgezeichnet.

Für das Postprocessing der Hydrosweep-Daten steht an Bord das Auswertesystem Hydromap 300 der Firma *Atlas Elektronik GmbH* zur Verfügung. Es kann die Rohdaten online vom Hydrosweep System erhalten und auf Magneto-optischen Platten speichern sowie auch online profilorientiert auf einem Plotter darstellen.

Für das offline Postprocessing der Hydrosweep Daten steht ein zweiter Rechner mit der Hydromap 300 Software zur Verfügung. In diesem Modus erlaubt das System die interaktive Bearbeitung der aufgezeichneten Daten und stellt dafür eine Reihe von Funktionen zur Verfügung. Mit diesem System ist die Erzeugung von digitalen Geländemodellen sowie die Anfertigung von Isolinienkarten und dreidimensionalen Darstellungen möglich.

4.5.2 Parasound

(T. Nähr und V. Hühnerbach)

Das parametrische Sedimentecholot PARASOUND (*KRUPP ATLAS ELEKTRONIK*) an Bord von FS SONNE dient zur Erfassung und Gewinnung von geologischen und sedimentphysikalischen Informationen über den Meeresboden und die oberen Sedimentschichten.

Das Prinzip der Schallerzeugung basiert, im Gegensatz zu herkömmlichen 3.5-kHz-Systemen, auf der Überlagerung zweier hochfrequenter, eng gebündelter Wellen ähnlicher Frequenzen (18-23.5 kHz) und führt so zur Ausbildung eines

niederfrequenten Signalanteils. Diese parametrische Welle von 2.5 bis 5.5 kHz kann genauso tief in das Sediment eindringen wie 3.5 kHz-Systeme, liefert aber aufgrund der engeren Bündelung ein schärferes Bild der Morphologie und internen Sedimentstrukturen. Der Abstrahlkegel der Schallwelle besitzt einen Öffnungswinkel von 4° , woraus ein Durchmesser der überstrichenen Fläche von 7% der Wassertiefe resultiert. Die Qualität der Aufzeichnungen hängt somit stark von der Morphologie des Untergrundes ab. Sobald die Hangneigung einen Winkel von 2° überschreitet, wird kaum noch Energie direkt zum Schiff reflektiert, sondern zur Seite abgestrahlt und geht somit als Information verloren. Dies führt in morphologisch unruhigen Gebieten zu recht unbefriedigenden Ergebnissen. Schiffsbewegungen wie Rollen und Stampfen, die ebenfalls zu einer Verringerung des empfangenen Signalanteils führen würden, werden durch die Aufteilung des Transducers in voneinander unabhängig ansteuerbare Elemente, sowie den Einsatz eines Hubkompensators ausgeglichen.

Zur Tiefenbestimmung wird das empfangene Signal im Vermessungsechlot DESO 25 weiterverarbeitet. Hier wird die Wassertiefe über eine konstant eingestellte Wasserschallgeschwindigkeit berechnet und an die PARASOUND-Einheit übermittelt.

Mit Hilfe des PARADIGMA-Systems (*Parasound Digitalisierungs- und Mehrkanal-Auswertesystem*; V. Spieß; Universität Bremen) können über eine digitale Schnittstelle die PARASOUND-Signale registriert sowie auf Magnetbändern archiviert werden und stehen damit für eine spätere Nachbearbeitung zur Verfügung. Das Gerätekonzept geht aus Abbildung 4.5.2.1 hervor.

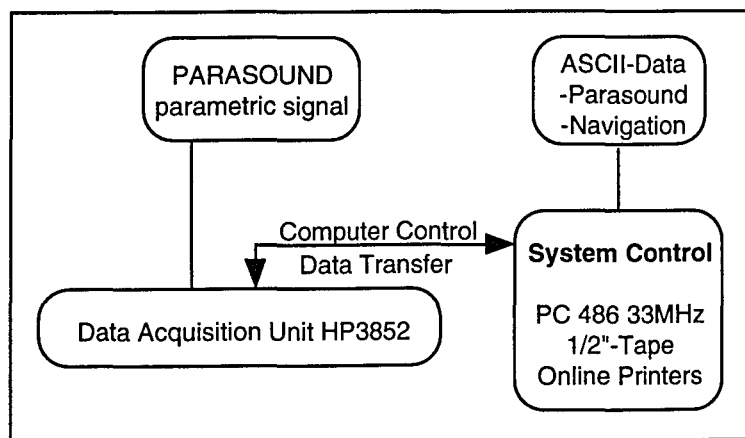


Abbildung 4.5.2.1 Konfiguration des PARADIGMA-Systems.

Grundsätzlich läßt sich PARADIGMA in die beiden Komponenten "Systemsteuerung" und "Datenakquisition" unterteilen. Die Systemsteuerung wird an Bord von FS SONNE von einem PC mit 486er Prozessor und 33 MHz Taktfrequenz unter MS-DOS

übernommen. Die Datenakquisition erfolgt mittels einer Hewlett Packard HP3852A Data Acquisition Unit. Zu einer zusätzlichen Online-Ausgabe des seismischen Profils und eines Datenprotokolls sind zwei PaintJet Tintenstrahldrucker installiert. Die Datenaufzeichnung schließlich wird von zwei 1/2"-Magnetbandlaufwerken übernommen.

Während der Reise SO96 stand die PARADIGMA-Programmversion 3.1 zur Verfügung. Der ursprünglich geplante Einsatz der neusten Version 4.01 konnte aufgrund verschiedener Probleme (siehe 5.2.2) leider nicht erfolgen.

4.5.3. TV-Schlitten EXPLOS

(G. Bohrmann)

Der TV-Schlitten EXPLOS (*Exploration System*) ist ein kombiniertes Video- und Kamerasystem, welches in Bodennähe geschleppt wird und in der nachfolgend beschriebenen Konfiguration bis zu einer Wassertiefe von max. 6000 m eingesetzt werden kann. Hierbei wird das während einer Meßfahrt von der Videokamera (*OSPREY*) erzeugte Video-Signal über das 18,2 mm Koaxkabel direkt zum Schiff übertragen. Es kann dort auf den S/W-Bildschirmen visualisiert werden. Dadurch ist eine ständige Überwachung und ggf. Korrektur der Position des Schlittens sowie eine fortlaufende Dokumentation gewährleistet. Zeitgleich kann eine kontinuierliche Aufzeichnung des Signals auf einem Videorecorder erfolgen. Zur Ausleuchtung am Boden dienen drei Halogenlampen (ROS QL 3000) á 150 W, welche über die Telemetrieinheit an Bord geregelt werden. Die Stromversorgung während eines Einsatzes wird über zwei Nassbatterien (2 x 12V) für Einsätze bis max. 12 Stunden sichergestellt. Über die Telemetrie wird weiterhin das mit 28 mm-Weitwinkel-Objektiven versehene Stereo-Kamerasystem (*Photosea 5000*) ausgelöst, wobei zwischen zwei Bildern eine Wartezeit von 7-8 Sekunden zur Aufladung der Blitze berücksichtigt werden muß. Die beiden Kameras werden mit Rollfilmen (33 m Länge; 36 mm Kleinbildformat; KODAK Ektachrome 400 ASA) bestückt, auf denen jeweils ca. 800 Bilder zur Verfügung stehen.

Durch die kürzliche Erweiterung der Telemetrie konnte das EXPLOS mit der CTD-Sonde (*SIS CTD 6000*) des ehemaligen OFOS (*Ocean Floor Observing System*) von SONNE bestückt werden. Als weitere Neuerung hat der TV-Schlitten 1993 ein SSBL-Navigationssystem (*Super Short Baseline System*) erhalten. Dieses System (*SIMRAT HPR 1507*) arbeitet mit einem Transducer am Ausfahrgestell und einem Responder am TV-Schlitten. Es wurde während SO96 erstmals im Responderbetrieb gefahren.

Während einer Meßfahrt wird das EXPLOS mit einem Bodenabstand von ca. 4 m gefahren, wobei ein Kompaß mit Strömungsfahne als Voreilgewicht dient. Bei diesem Abstand zum Meeresboden ergibt sich ein Beobachtungsfeld von ca. 5 x 4 m. Die Fahrgeschwindigkeit des Schiffes sollte während eines Einsatzes zwischen 0,5 und 1 Knoten betragen.

5. Durchgeführte Arbeiten und erste Ergebnisse

5.1 Hydrosweep

5.1.1 Hydrosweep in den Arbeitsgebieten Unimak und Shumagin

(G. Bohrmann, E. Flüh)

Während des Fahrtabschnittes SO96-1 wurden in den Gebieten Unimak und Shumagin Hydrosweepvermessungen im Rahmen von Voruntersuchungen für das Projekt KODIAK-VENT (SO 97) durchgeführt. Die Vorerkundung in diesem sehr weit westlich gelegenen Teil des Aleutengrabens hatte die Suche von potentiellen aktiven Fluidaustrittsstellen am Meeresboden zum Ziel und war nur auf diesem Abschnitt während der Anreise von Hong Kong aus möglich. Die Vermessung mit Hydrosweep bildete dabei die Basis auf deren Grundlage die weiteren Sucharbeiten geplant waren. Dabei standen zwei Ziele im Vordergrund:

- 1.) Die bathymetrische Kartierung sollte eine Zuordnung der aus den seismischen Profilen (Linie 205 in Unimak und Linie 104 in Shumagin) bekannten geologischen Einheiten ermöglichen.
- 2.) In Teilbereichen sollte eine möglichst genaue morphologische Erfassung durchgeführt werden, so daß der Einsatz des Fotoschlittens EXPLOS im späteren Fahrtverlauf sehr gezielt erfolgen kann.

Zur Vorauswahl und Festlegung der Hydrosweep-Profillinien diente die bathymetrische Karte NOS 15248-14B (1973) des National Ocean Survey 1:1.000.000. Insgesamt konnten in den beiden Gebieten Unimak und Shumagin 10 Hydrosweep-Profile (siehe Tabelle im Anhang) gefahren werden.

Auf den sechs Profilen im Bereich Unimak mit einer Gesamtlänge von etwa 500 km konnten ein Areal von ca. 3200 km² von der Grabenachse bis in den Bereich des oberen Kontinentalhanges bis zur 2000m Tiefenlinie erfasst werden (Abbildung 5.1.1.1). Im Vergleich der beiden Karten können die Hauptstrukturen bestätigt werden. Die detaillierte Karte der Fächerlotvermessung mit 20m-Isolinien zeigt natürlich eine Menge Detailstrukturen, welche auf der aus Einzelprofilen in 100m-Isolinien konturierten Karte des NOS nicht zu erkennen sind. Größere Abweichungen sind vor allem in den Gebieten mit geringer Hangneigung z. B. im Bereich der Aleutian Terrace festzustellen. Die Karte des Vermessungsgebietes zeigt klar den Bereich des Aleutengrabens der im Westen eine Wassertiefe von 7000 m hat und nach Osten hin ansteigt. Ein erster Deformationsrücken, der nach E breiter wird läßt sich in der Karte durch die Korrelation mit dem seismischen Profil Nr 205 (Bruns u.a., 1987) herstellen. Dieser kleinere Anstieg bis ca. 6500m wird von dem Haupttiefenanstieg auf 5000 m gefolgt, welcher den größeren Teil des Akkretionskomplexes bildet. Der Tiefenanstieg zwischen 4200-3200 m im Bereich des mittleren Kontinentalhanges wird von dem Unimak Rücken gebildet an den sich nach Norden zu das Forearc Becken (Unimak Becken) anschließt. Die Karte zeigt deutliche Variationen in W/E-Richtung, welche auf erhebliche strukturelle Veränderungen des Untergrundes vor allem im Bereich des zweiten Deformationsrückens und der Aleutian Terrace hindeutet.

Im Areal Shumagin wurden während SO96-1 vier Hydrosweep-Profile von 160 km Gesamtlänge gefahren, wodurch entsprechend der wassertiefenabhängigen Überdeckung der Fächerlotvermessung eine Fläche von ca. 900 km² Meeresboden kartiert wurden (Abbildung 5.1.1.2). Auch hier konnte in dem Vermessungsgebiet durch Korrelation mit dem seismischen Profil Nr. 104 (von Huene, 1989) eine klare Zuordnung der einzelnen Deformationsrückens im Areal des Akkretionsbereiches

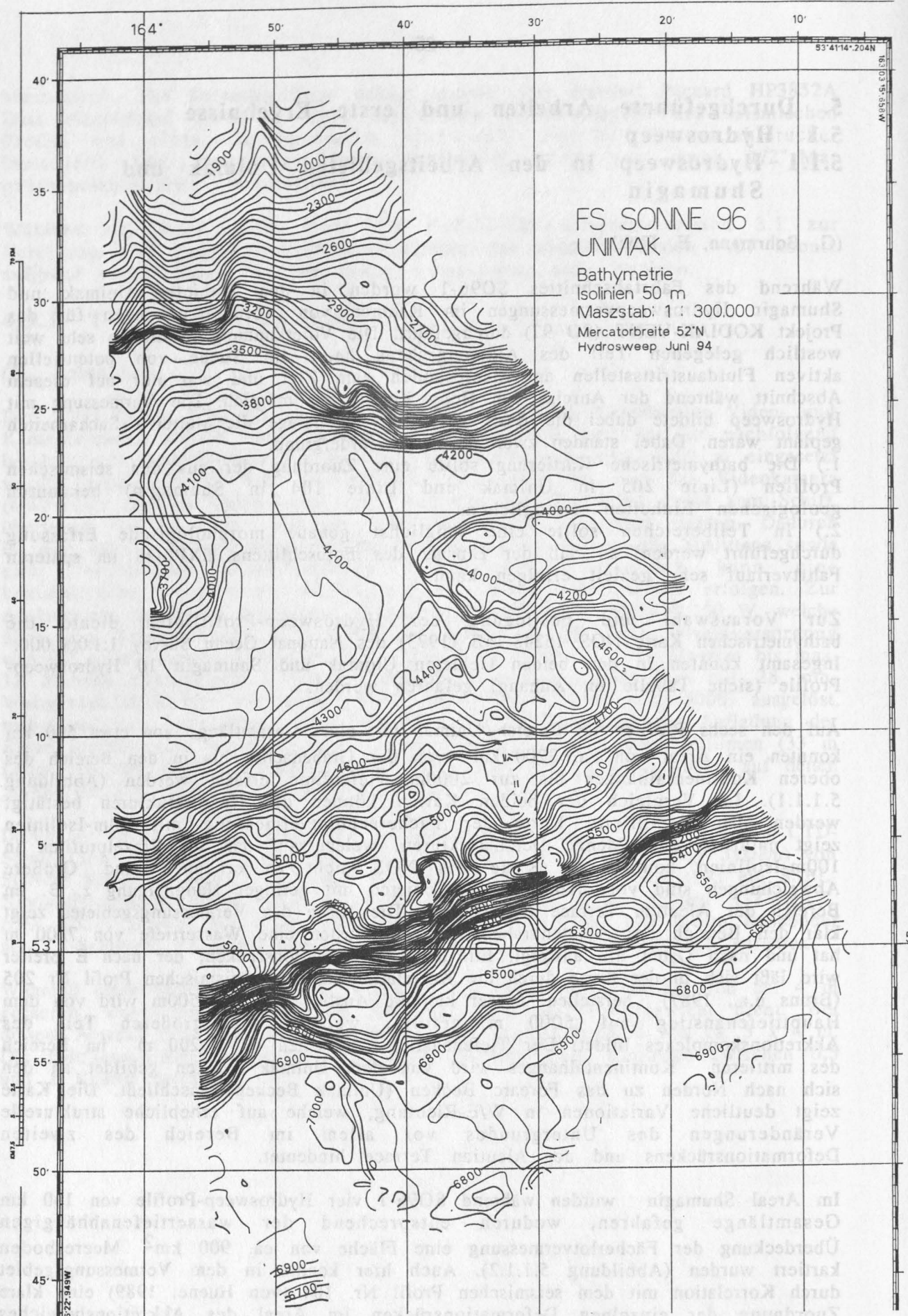


Abbildung 5.1.1.1 Vereinfachte bathymetrische Karte des Vermessungsgebietes Unimak.

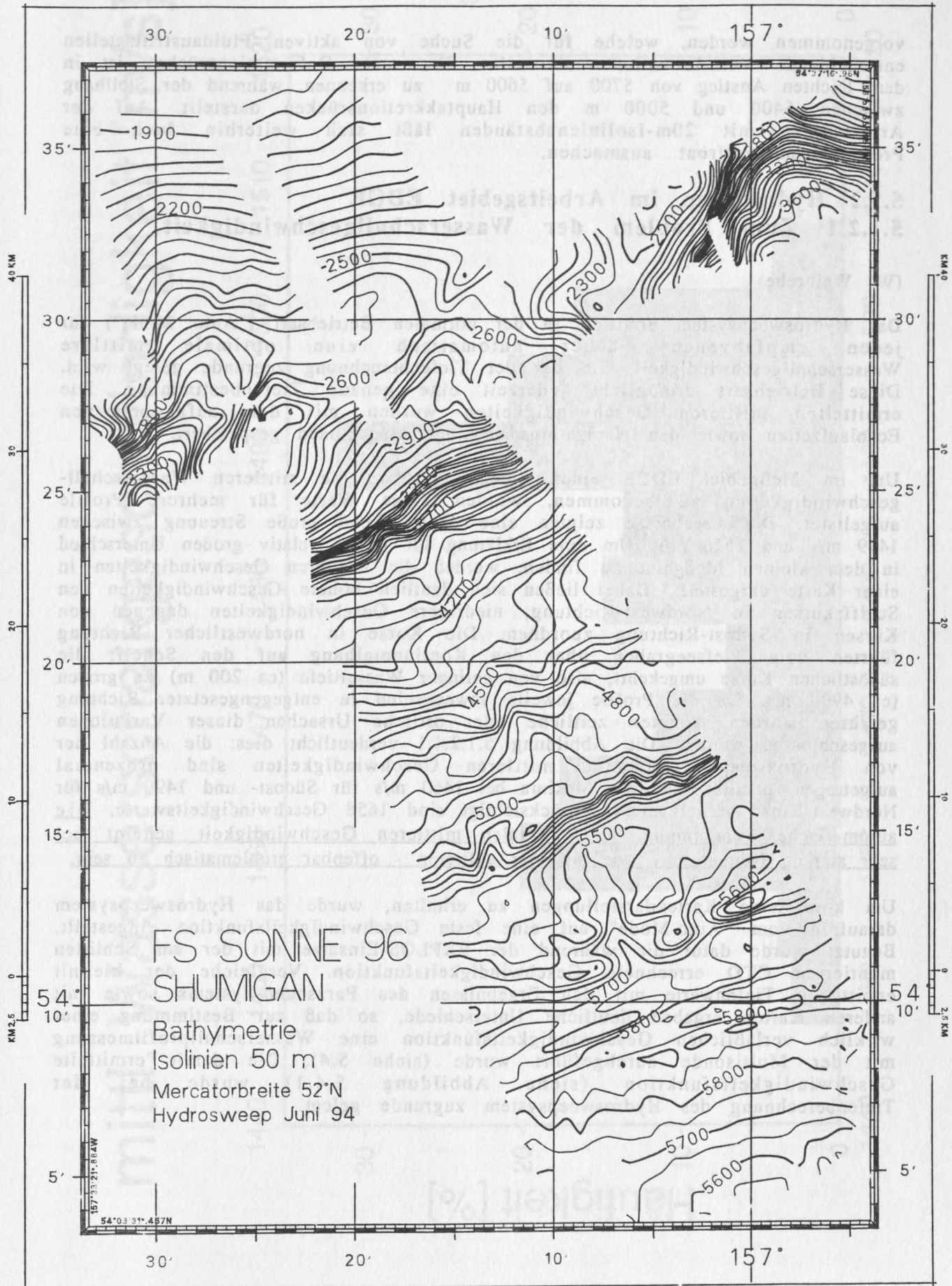


Abbildung 5.1.1.2 Vereinfachter Kartenplot der Profilstreifenvermessung mit Hydrosweep im Bereich Shumagin.

vorgenommen werden, welche für die Suche von aktiven Fluidaustrittsstellen entscheidende Vorinformationen darstellen. Der erste Deformationsrücken ist in dem leichten Anstieg von 5700 auf 5600 m zu erkennen, während der Steilhang zwischen 5400 und 5000 m den Hauptakkretionsrücken darstellt. Auf der Arbeitskarte mit 20m-Isolinienabständen läßt sich weiterhin auch eine Protodeformationsfront ausmachen.

5.1.2 Hydrosweep im Arbeitsgebiet EDGE

5.1.2.1 Zum Problem der Wasserschallgeschwindigkeit

(W. Weinrebe)

Das Hydrosweepsystem ermittelt in der normalen Betriebsart ("Auto Mode") für jeden empfangenen Fächer automatisch eine optimale mittlere Wasserschallgeschwindigkeit, die bei der Tiefenberechnung zugrunde gelegt wird. Diese Betriebsart ermöglicht jederzeit eine genaue Tiefenbestimmung. Die ermittelten mittleren Geschwindigkeiten werden mit den aufgenommenen Echolaufzeiten sowie den Navigationsdaten auf Magnetband gespeichert.

Um im Meßgebiet EDGE einen Überblick über die mittleren Wasserschallgeschwindigkeiten zu bekommen, wurden diese Werte für mehrere Profile aufgelistet. Die Ergebnisse zeigten eine überraschend große Streuung zwischen 1449 m/s und 1516 m/s. Um eine Erklärung für diesen relativ großen Unterschied in dem kleinen Meßgebiet zu finden, wurden die mittleren Geschwindigkeiten in einer Karte dargestellt. Dabei ließen sich deutlich höhere Geschwindigkeiten den Schiffskursen in Nordwest-Richtung, niedrigere Geschwindigkeiten dagegen den Kursen in Südost-Richtung zuordnen. Die Kurse in nordwestlicher Richtung führten vom Tiefseegraben über den Kontinentalhang auf den Schelf; die südöstlichen Kurse umgekehrt, also von geringer Wassertiefe (ca 200 m) zu großen (ca 4900 m). Da die Profile jeweils abwechselnd in entgegengesetzter Richtung gefahren wurden, konnten zeitliche oder örtliche Ursachen dieser Variationen ausgeschlossen werden. Die Abbildung 5.1.2.1.1 verdeutlicht dies: die Anzahl der von Hydrosweep bestimmten mittleren Geschwindigkeiten sind prozentual aufgetragen, deutlich sind die Maxima bei 1460 m/s für Südost- und 1490 m/s für Nordwest-Kurse zu erkennen; berücksichtigt sind 1658 Geschwindigkeitswerte. Die automatische Bestimmung der optimalen mittleren Geschwindigkeit scheint bei sehr starken Neigungen - wie sie hier auftreten - offenbar problematisch zu sein.

Um konsistente Kartendarstellungen zu erhalten, wurde das Hydrosweepsystem daraufhin vom "Auto-Mode" auf eine feste Geschwindigkeitsfunktion eingestellt. Benutzt wurde dafür die während der EXPLOS-Einsätze mit der am Schlitten montierten CTD errechnete Geschwindigkeitsfunktion. Vergleiche der hiermit ermittelten Tiefenwerte mit den Ergebnissen des Parasound-Systems sowie mit anderen Karten ergaben deutliche Unterschiede, so daß zur Bestimmung einer wirklich verlässlichen Geschwindigkeitsfunktion eine Wasserschallprofilmessung mit der Multisonde durchgeführt wurde (siehe 5.4). Die damit ermittelte Geschwindigkeitsfunktion (siehe Abbildung 5.4.1) wurde bei der Tiefenberechnung des Hydrosweepsystem zugrunde gelegt.

mittl. Wasserschallgeschwindigkeit [m/s]

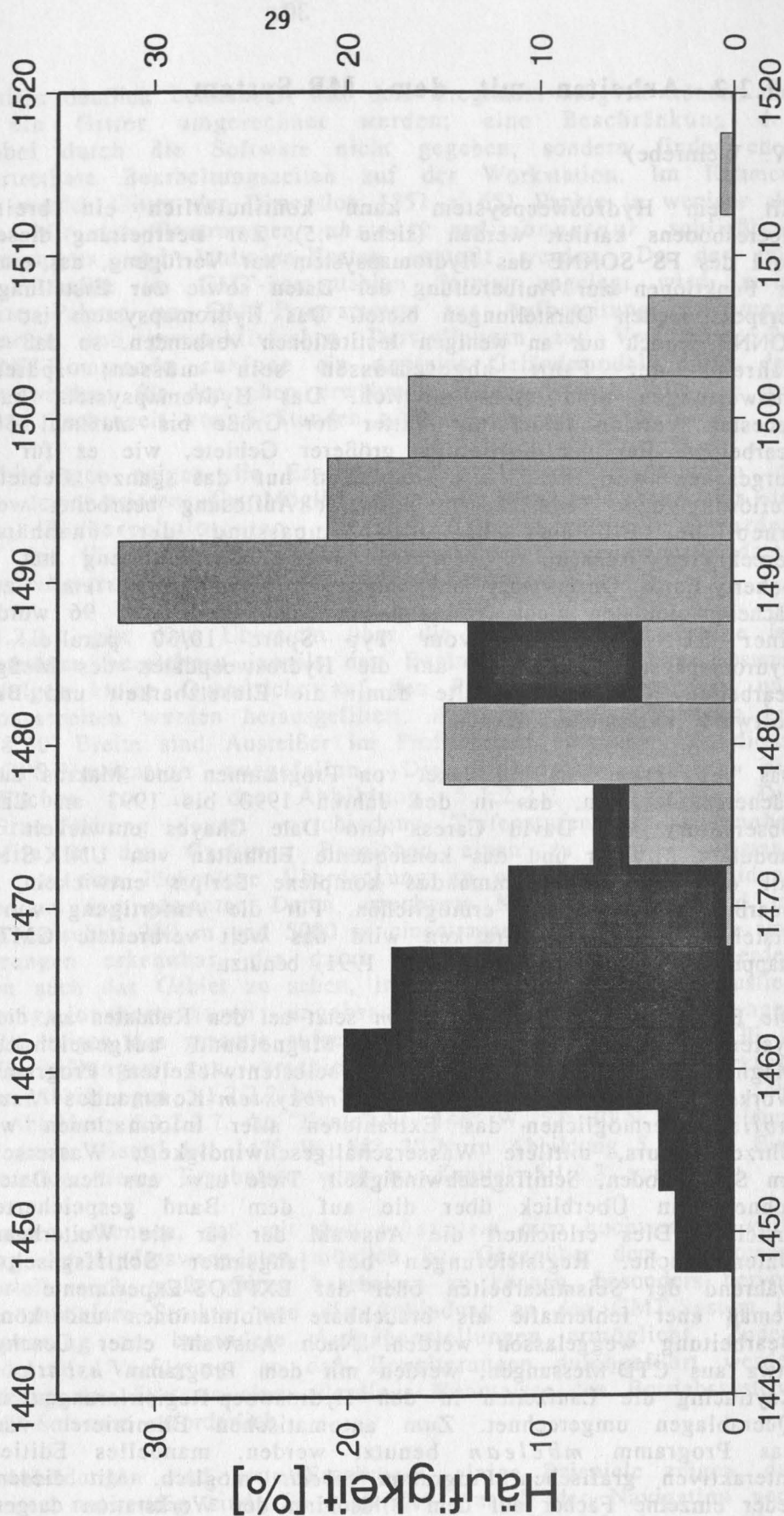


Abbildung 5.1.2.1.1

Häufigkeit der vom Hydrosweepsystem ermittelten optimalen mittl. Wasserschallgeschwindigkeit im Meßgebiet EDGE. Dunkle Säulen: Kurse in SW-Richtung; Helle Säulen: Kurse in NO-Richtung.

5.1.2.2 Arbeiten mit dem MB-System

(W. Weinrebe)

Mit dem Hydrosweepsystem kann kontinuierlich ein breiter Streifen des Meeresbodens kartiert werden (siehe 4.5). Zur Bearbeitung dieser Daten steht an Bord des FS SONNE das Hydromapsystem zur Verfügung, das einen großen Umfang an Funktionen zur Aufbereitung der Daten sowie zur Erstellung von Karten und perspektivischen Darstellungen bietet. Das Hydromapsystem ist außerhalb von FS SONNE jedoch nur an wenigen Institutionen vorhanden, so daß alle Arbeiten noch während der Fahrt abgeschlossen sein müssen; spätere tiefergehende Auswertungen sind nicht möglich. Das Hydromapsystem kann auch in der neuesten Version leider nur Gitter der Größe bis maximal 500 x 500 Punkte bearbeiten. Bei der Kartierung größerer Gebiete, wie es für das EDGE-Projekt vorgesehen war, kann also entweder nur das ganze Gebiet in verminderter Auflösung oder Teilstücke in normaler Auflösung bearbeitet werden, wobei dann erhebliche Probleme bei der Anpassung der unabhängig voneinander berechneten Ausschnitte bestehen. Diese Einschränkung hat die am Lamont-Doherty-Earth Observatory entwickelte Software "*mbsystem*" zur Auswertung von Fächerecholotdaten nicht. Während der Ausfahrt SONNE 96 wurde sie deshalb auf einer SUN-Workstation vom Typ Sparc 10/30 parallel zum bordeigenen Hydromapsystem eingesetzt, um die Hydrosweepdaten des Meßgebietes EDGE zu bearbeiten. Gleichzeitig sollte damit die Einsetzbarkeit und Brauchbarkeit dieser Software untersucht werden.

Das "*mbsystem*" ist ein Paket von Programmen und Makros zur Bearbeitung von Fächerecholotdaten, das in den Jahren 1990 bis 1993 am Lamont-Doherty-Earth Observatory von David Caress und Dale Chayes entwickelt wurde. Durch die modulare Struktur und das konsequente Einhalten von UNIX-Standards lassen sich mit den einzelnen Kommandos komplexe Scripts entwickeln, die eine flexible Bearbeitung der Daten ermöglichen. Für die Anfertigung von Karten oder die Erstellung komplexer Grafiken wird das weit verbreitete GMT-System ("Generic mapping Tool", Wessel and Smith, 1991) benutzt.

Die Bearbeitung mit dem *mbsystem* setzt bei den Rohdaten an, die vom Hydrosweep-system kontinuierlich auf 1/2" Magnetband aufgezeichnet werden. Diese Magnetbänder können mit einem selbstentwickelten Programm an der SUN-Workstation eingelesen werden. Die *mbsystem*-Kommandos *hsdump*, *mbinfo* und *mblist* ermöglichen das Extrahieren aller Informationen wie Länge, Breite, Uhrzeit, Kurs, mittlere Wasserschallgeschwindigkeit, Wasserschallgeschwindigkeit am Schiffsboden, Schiffsgeschwindigkeit, Tiefe usw. aus den Daten. Damit läßt sich schnell ein Überblick über die auf dem Band gespeicherten Registrierungen erstellen. Dies erleichtert die Auswahl der für die Weiterbearbeitung sinnvollen Datenbereiche. Registrierungen bei langsamer Schiffsgeschwindigkeit - wie während der Seismikarbeiten oder der EXPLOS-Experimente - geben erfahrungsgemäß eher fehlerhafte als brauchbare Informationen und können für die erste Bearbeitung weggelassen werden. Nach Auswahl einer Geschwindigkeitsfunktion, etwa aus CTD-Messungen, werden mit dem Programm *hsbath* durch vollständiges Raytracing die Laufzeiten in den Hydrosweep-Registrierungen in Tiefenwerte und Querablagen umgerechnet. Zum automatischen Eliminieren von Störungen kann das Programm *mbclean* benutzt werden, manuelles Editieren ist mit dem interaktiven grafischen Programm *mbedit* möglich. Mit diesem Programm kann jeder einzelne Fächer auf dem Bildschirm der Workstation dargestellt werden; jedes Störecho kann für die Weiterbearbeitung herausgenommen werden. Ein sorgfältiges Durchführen dieses zeitaufwendigen Schrittes macht sich in der

Qualität der Ergebnisse deutlich bemerkbar. Mit dem Programm *mbgrid* können die Tiefenwerte auf ein Gitter umgerechnet werden; eine Beschränkung der Gittergröße ist dabei durch die Software nicht gegeben, sondern findet eher Grenzen durch vertretbare Bearbeitungszeiten auf der Workstation. Im Rahmen des EDGE-Projektes wurden Gitter der Dimension 1351 x 651 Punkte in weniger als 20 Min. bearbeitet. Mit den Programmen *mb swath* und *mb contour* schließlich können Überdeckungsplots und Isolinien-Karten erstellt werden. Da der mit *mbgrid* erzeugte Gitterfile im GMT-kompatiblen Format angelegt wird, steht weiterhin die breite Palette an GMT-Programmen zur Aufbereitung, Filterung, Erstellung von Karten und perspektivischen Darstellungen zur Verfügung. So kann mit dem GMT-Kommando *surface* ein digitales Geländemodell durch das Gitternetz gerechnet werden; für den oben erwähnten Datensatz war dafür an der SUN-Workstation eine Rechenzeit von 6 Stunden nötig.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Ergebnisse der Hydrosweepmessungen im Gebiet EDGE und demonstrieren die Möglichkeiten, die das *mbsystem* für die Bearbeitung von Fächerecholotdaten bietet. Alle Ergebnisse wurden ausschließlich auf der GEOMAR-SUN-Workstation aus den Magnetband-Rohdaten unter Benutzung der *mbsystem*- und der GMT-Software erstellt.

Die Abbildung 5.1.2.2.1 gibt eine Übersicht über die aufgenommenen Profile im Gebiet EDGE. Zeitmarken bezeichnen jeweils den Beginn einer Datei, im Abstand von 15 Minuten folgen kleine Querstriche auf den Profilen. Wendestrecken und Strecken mit Stationsarbeiten wurden herausgefiltert. Auf dem Profil 27, etwa bei 148° Länge und 58°10' Breite sind Ausreißer im Profilverlauf erkennbar. Zu dieser Zeit war die GPS-Navigation ausgefallen. Die Überdeckung durch die aufgenommenen Fächer ist in der Abbildung 5.1.2.2.2 zu sehen. Die unterschiedliche Grau-Färbung deutet verschiedene Tiefenstufen an. Erkennbar ist, daß die Profile in den flacheren Bereichen einen zu großen Abstand voneinander haben, um eine lückenlose Überdeckung zu erreichen. Die Abbildung 5.1.2.2.3 zeigt die aus den gesamten Daten errechnete Karte. Isolinien sind im Abstand von 100 m zwischen 200 m und 5000 m eingetragen. Im tiefen Bereich sind hochfrequente Störungen erkennbar, die durch Filtern noch eliminiert werden müssen. Deutlich ist auch das Gebiet zu sehen, in dem die GPS-Navigation ausfiel; hier müssen Navigationskorrekturen angebracht werden. Die Abbildungen 5.1.2.2.4 bis 5.1.2.2.6 zeigen das gesamte aufgenommene Gebiet im Bereich EDGE in perspektivischen Darstellungen aus verschiedenen Winkeln. Einzelne markante Bereiche sind in den Abbildungen 5.1.2.2.7 bis 5.1.2.2.9 zu sehen; ein "Berg" bei 148° 20' W, 57° 24' N in Abbildung 5.1.2.2.7, die "Kante" bei 148° W, 57° 30' N in Abbildung 5.1.2.2.8 sowie der steile "Hang" bei 147° W, 58° 20' N in Abbildung 5.1.2.2.9. Eine geologische Interpretation dieser Ergebnisse wird im Kapitel 5.1.2.3 vorgestellt.

Die Abbildungen lassen erkennen, daß mit dem *mbsystem* eine hochwertige, vollständige Bearbeitung der Hydrosweepdaten möglich ist. Gegenüber dem Hydromap-system ist der Vorteil, auch große Gitter bearbeiten zu können, besonders hervorzuheben. Durch die modulare Struktur und die Anbindung an das GMT-System ist eine flexible Anpassung an besondere Aufgabenstellungen ermöglicht. Zudem steht der Quellcode zur Verfügung, so daß Erweiterungen durchgeführt werden können. Zur Benutzung des Systems sind allerdings Kenntnisse des Betriebssystems UNIX und der GMT-Software erforderlich.

Die vorgestellten Abbildungen sind erste Ergebnisse, einige Beispiele zeigen, daß weitergehende Arbeiten notwendig sind. So muß der Ausfall der Navigation noch korrigiert und die hochfrequenten Störungen im tieferen Bereich herausgefiltert werden. Die Abbildung 5.1.2.2.8 verdeutlicht den Nutzen der

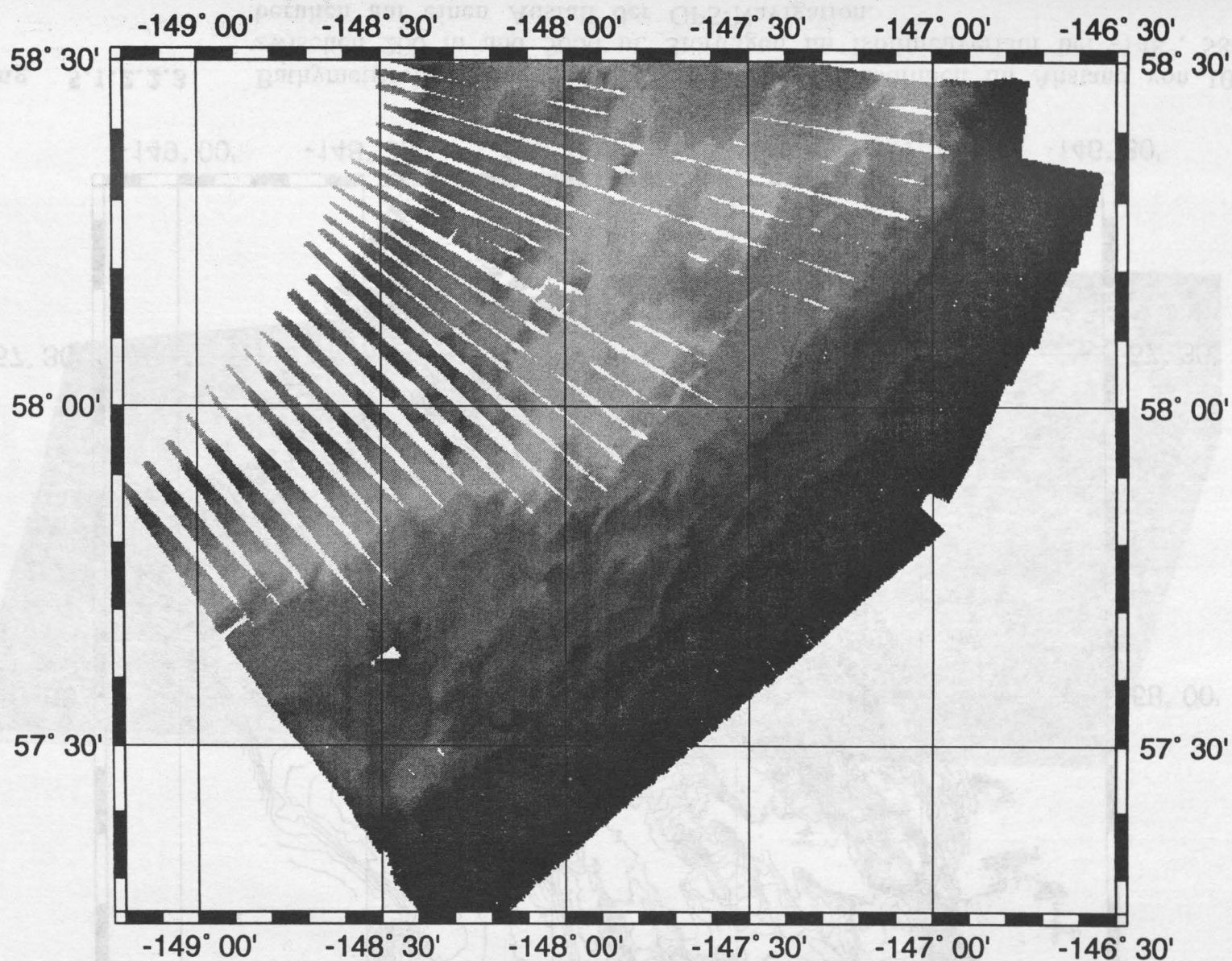


Abbildung 5.1.2.2.2 Überdeckung am Meeresboden durch Hydrosweep-Aufzeichnungen. Unterschiedliche Graufärbung markiert verschiedene Tiefenbereiche.

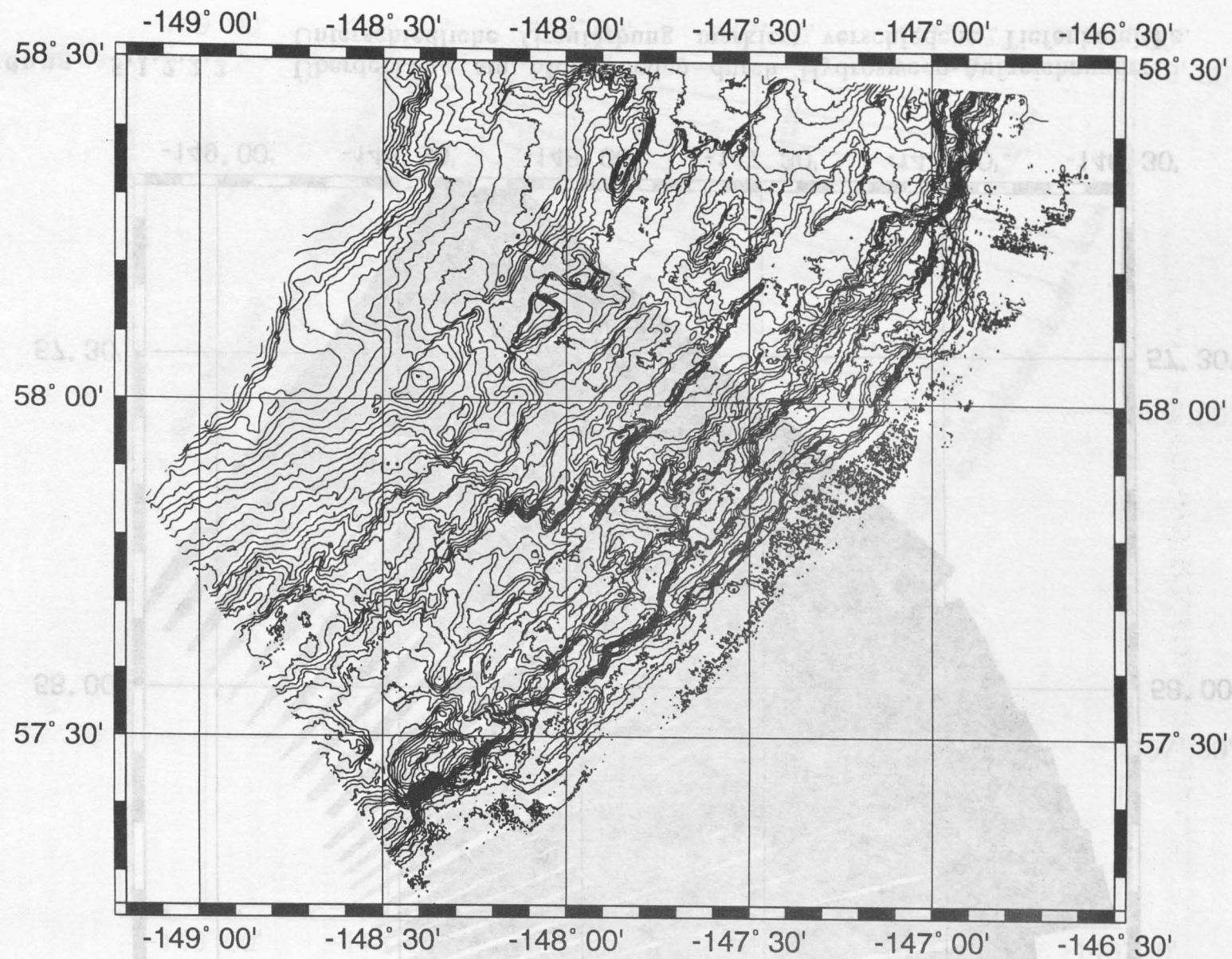


Abbildung 5.1.2.2.3

Bathymetrische Karte des Meßgebietes EDGE. Isolinien im Abstand von 100 m zwischen 200 m und 5000 m. Störungen im Isolinienverlauf bei -148° , $58^{\circ} 20'$ beruhen auf einen Ausfall der GPS-Navigation.

-5000

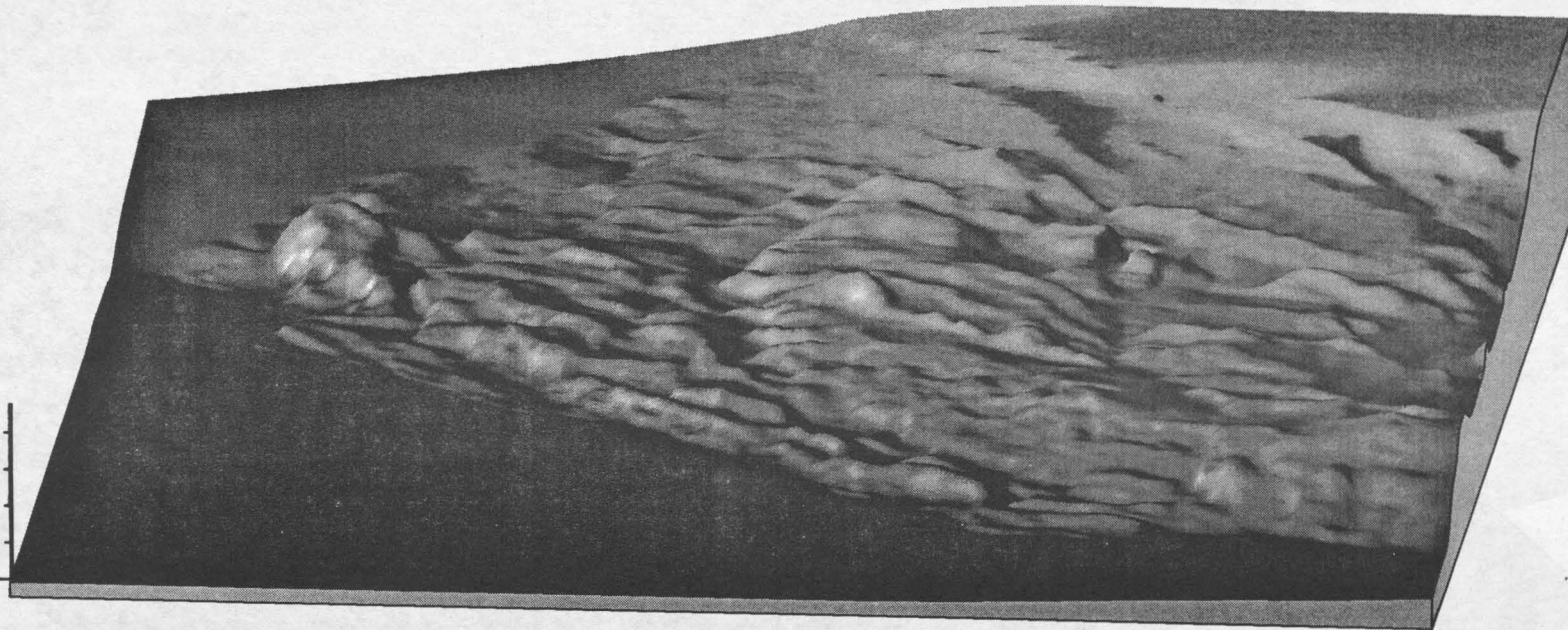


Abbildung 5.1.2.2.4

Perspektivische Darstellung der Bathymetrie im Meßgebiet EDGE. Ansicht aus 85° unter einem Winkel von 15° .

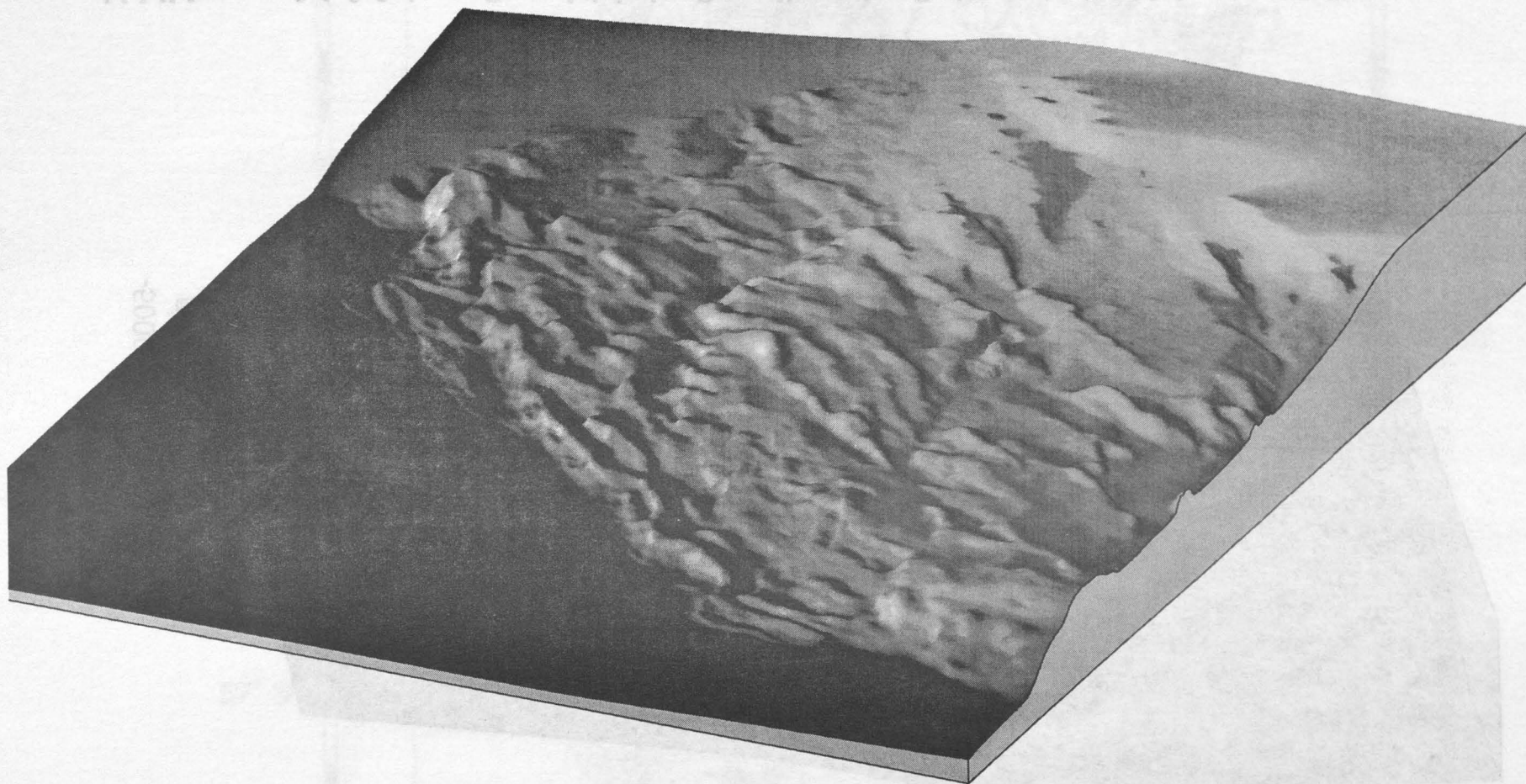


Abbildung 5.1.2.2.5

Perspektivische Darstellung der Bathymetrie im Meßgebiet EDGE. Ansicht aus 65° unter einem Winkel von 25°.

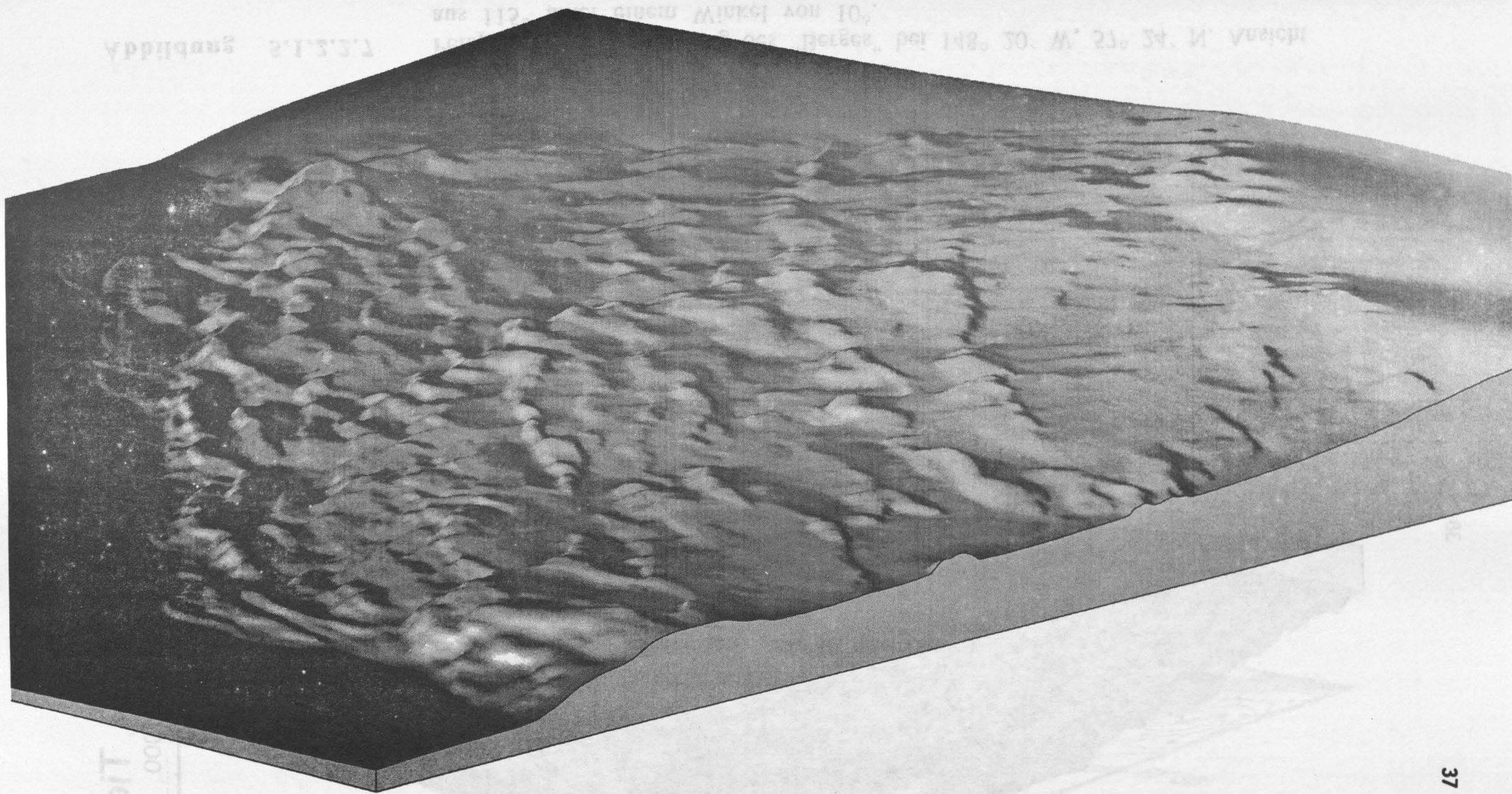


Abbildung 5.1.2.2.6

Perspektivische Darstellung der Bathymetrie im Meßgebiet EDGE. Ansicht aus 45° unter einem Winkel von 10°



Abbildung 5.1.2.2.7 Perspektivische Darstellung des "Berges" bei $148^{\circ} 20' \text{ W}$, $57^{\circ} 24' \text{ N}$. Ansicht aus 115° unter einem Winkel von 10° .



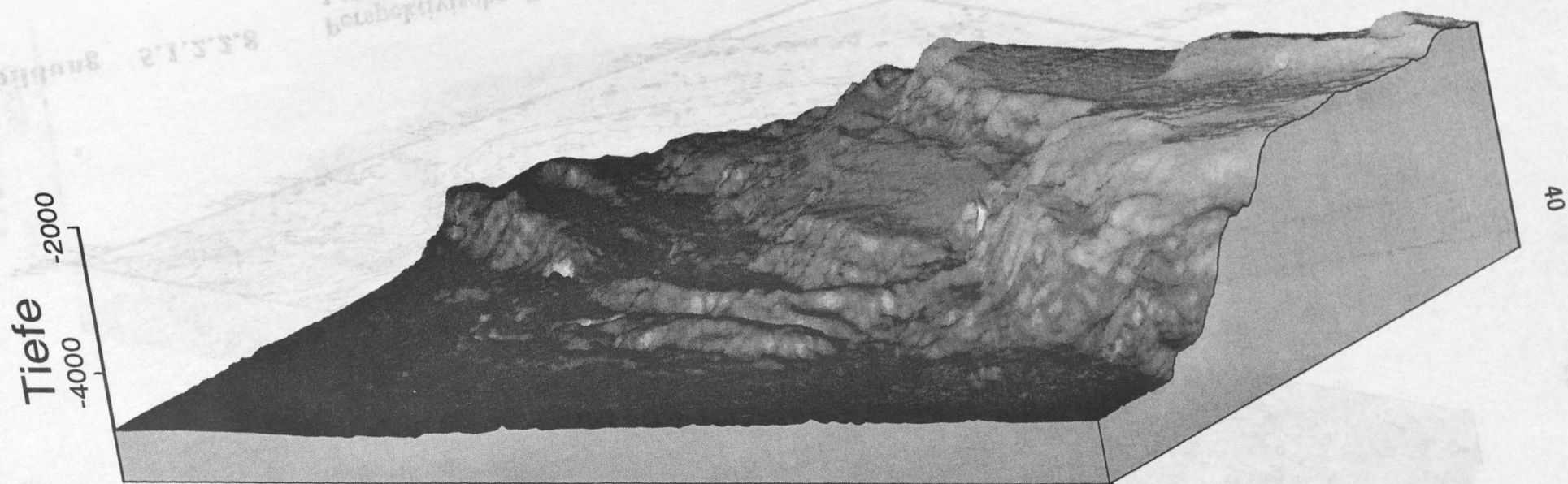


Abbildung 5.1.2.2.9

Perspektivische Darstellung des "Steilhangs" bei 147° W, $58^{\circ} 20'$ N. Ansicht aus 55° unter einem Winkel von 15° .

Perspektivdarstellungen: die Störungen, die in der Karte kaum auffallen, sind im Perspektivbild klar als Streifenmuster zu erkennen.

5.1.2.3 Hydrosweep results, EDGE area

(R. von Huene)

The area of the continental slope mapped in the EDGE area extends from about 15 minutes south to about 1 degree north of the EDGE seismic reflection line. In the middle of the mapped area a ragged escarpment trends E-W diagonally across the middle slope dividing it into two areas of different character (Figure 5.1.2.3.1 and 2). To the NE the topography stands higher and is relatively rugged whereas to the SW the slope tends to be smoother with a more uniform seaward inclination. The scarp is significant to the following discussion and is informally called the "Portlock line" because it extends due west of the transverse Portlock anticline on the shelf. Conventional bathymetry indicates a transitional morphological change in the Portlock line vicinity which Hydrosweep reveals as a sharp morphotectonic feature in the middle and lower slope.

In the area north of the Portlock line a broad gently sloping middle slope is bounded seaward by a steep scarp at the base of the slope and is fringed landward by a smoothed upper slope (Fig 5.1.2.3.1 and 2). The shelf edge is a steep bank. The Portlock line escarpment turns from its E-W trend to a NE trend near the base of the slope from where its height increases until at the NE end of the HS coverage it rises from 4800m to 2300m depth. This 2.5km slope jumps from the Aleutian Trench axial floor to the middle slope in just 7km. The scarp becomes the most prominent feature of the margin. As it builds in height it changes trend 30° from NE to N. The adjoining Seabeam map shows the completion of this bend and a NE continuation of the high escarpment.

Fringing the escarpment seaward in the southern 50 km of the province is a series of 3 to 4 low ridges. These terminate at the bend where the escarpment rises directly from the trench axis (Fig 5.1.2.3.1 and 2).

On top of the escarpment the gentler regional slope is ribbed with 6 to 7 ridges, the longest of which continues 55 km (Fig 5.1.2.3.1). These ridges are generally higher than those in the SW province and parallel to the regional trend. The landward most ridge separates the middle slope from a smoothed upper slope topography. The Portlock line is not well expressed across the upper slope and the smooth topography continues southward. The bold ridges of the middle slope are known to continue NE for 55km into the northern-most Gulf of Alaska where the margin then trends E.

The EDGE seismic line was placed S of the Portlock escarpment on the basis of conventional bathymetry. The desired straight EDGE transect was deviated SE across the slope to avoid rough topography and locate it in the northernmost area where the sea floor seemed sufficiently smooth for good seismic results. Along the EDGE transect the topography is in transition to a continental slope of relatively uniform gradient and few prominent ridges as characteristic of the area off Kodiak Island. Although many low ridges mark the EDGE transect area they are far lower and less irregular relative to those in the N.

The area between the trench axis and the first major ridge contains 2-4 low ridges. These are imaged in the EDGE seismic line and represent initial folding and faulting in the accretionary prism. Upslope the ridges are regularly spaced consistent with

EDGE

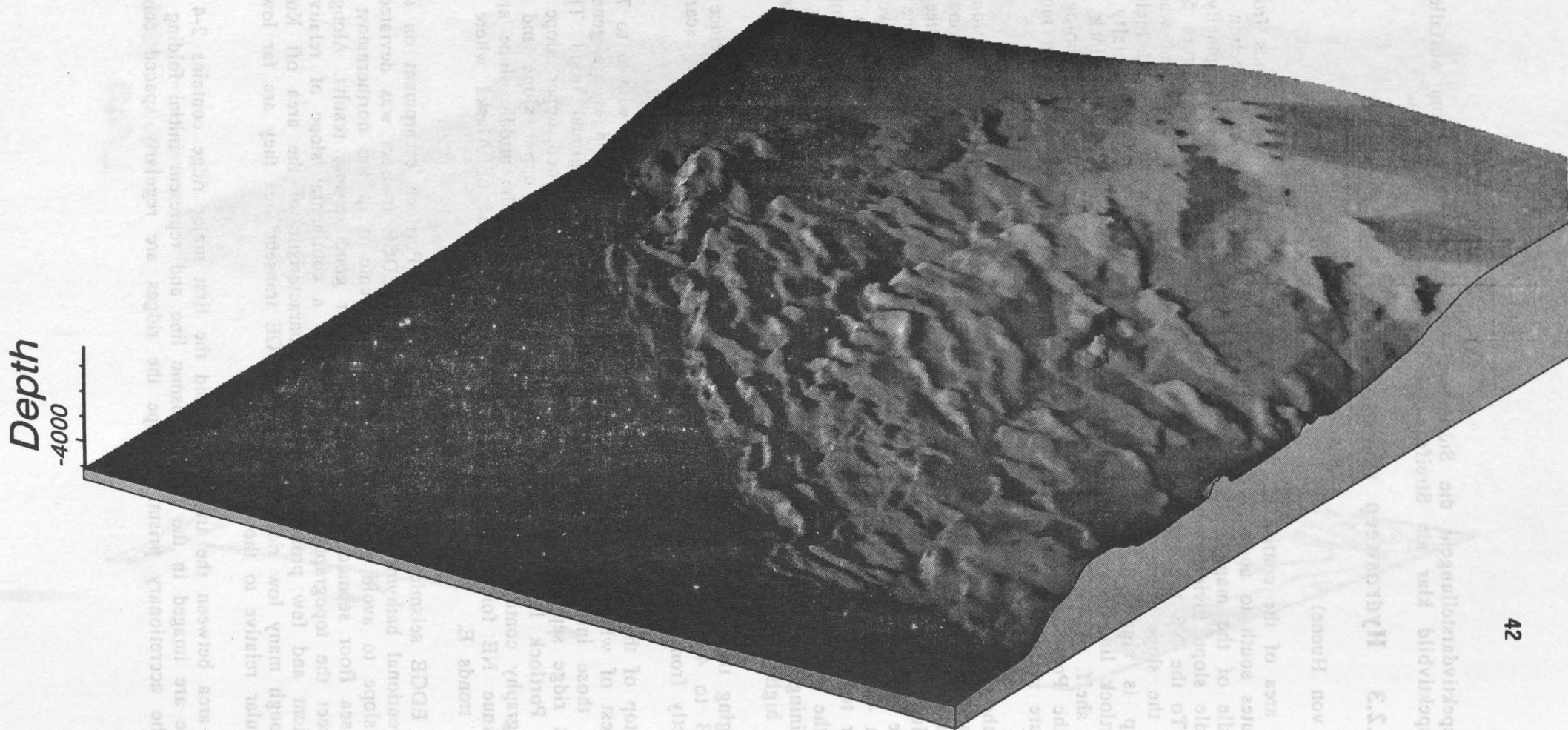


Abbildung 5.1.2.3.1 Shaded relief perspective view from N 55°E and at an angle of 25° from horizontal.

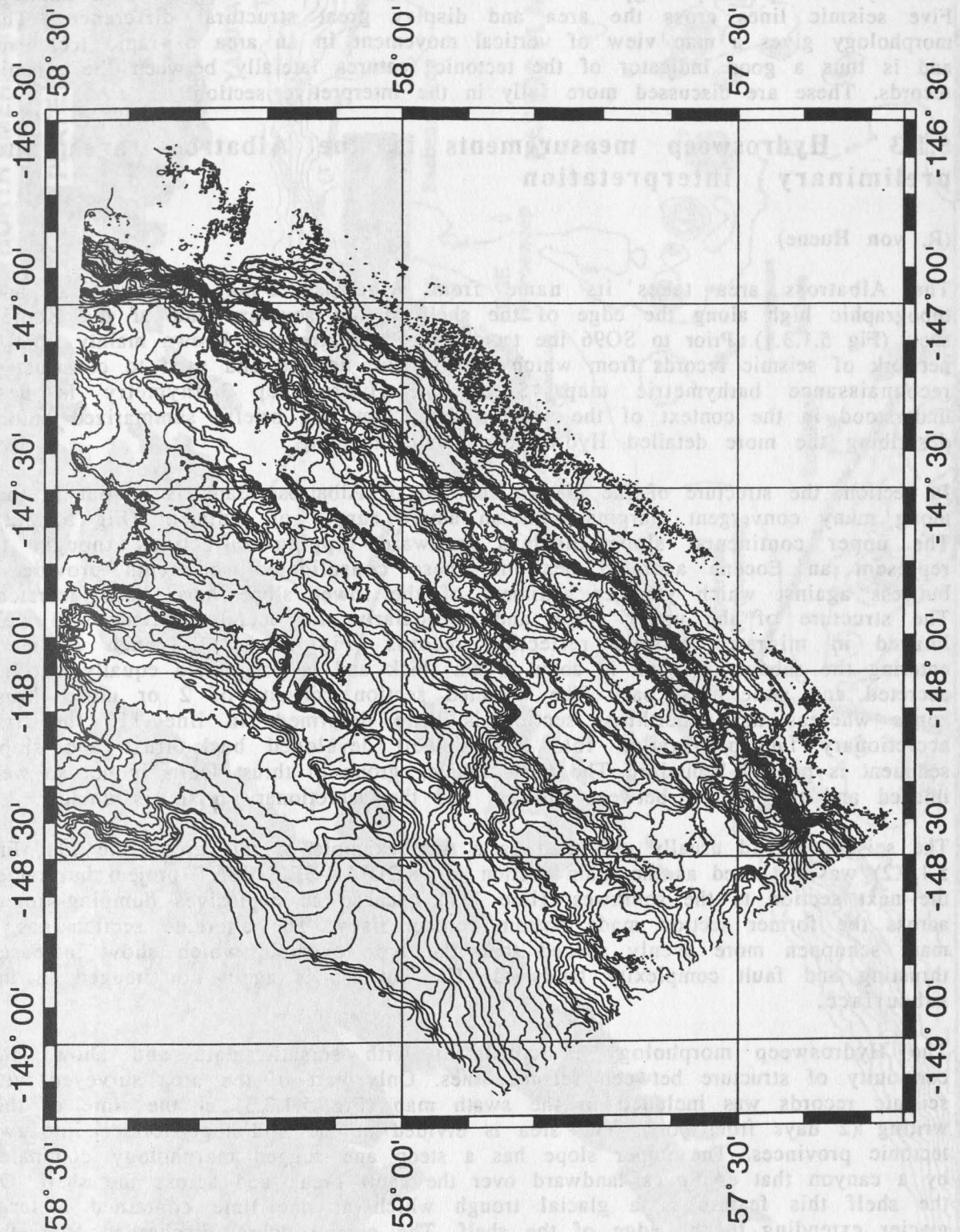


Abbildung 5.1.2.3.2 Hydrosweep contours at 100m interval of the EDGE area. This map is illustrated in the shaded relief perspective diagram of Figure 5.1.2.3.1.

the regular spacing of thrust faults in the seismic image. The smooth upper slope is a continuation of the morphology from the NE and is blanketed with thick sediment.

The Hydrosweep morphology is significant in the context of other information. Five seismic lines cross the area and display great structural differences. The morphology gives a map view of vertical movement in an area of rapid tectonism and is thus a good indicator of the tectonic features laterally between the seismic records. These are discussed more fully in the interpretive section.

5.1.3 Hydrosweep measurements in the Albatross area and a preliminary interpretation

(R. von Huene)

The Albatross area takes its name from Albatross Bank, a structural and topographic high along the edge of the shelf at the southern end of the Kodiak shelf (Fig 5.1.3.1). Prior to SO96 the tectonics of the area was known mainly from a network of seismic records from which depths were derived and used to construct a reconnaissance bathymetric map. Since the Hydrosweep bathymetry is best understood in the context of the seismic data, they are briefly summarized before describing the more detailed Hydrosweep swath mapping.

In section, the structure of the margin seaward of Albatross Bank is similar to that along many convergent margins with an ample supply of sediment (Fig 5.1.3.2). The upper continental slope displays landward dipping reflections thought to represent an Eocene accreted section. These consolidated sediments provide a buttress against which younger sediment of the lower slope have been accreted. The structure of the upper slope and particularly the accreted prism was well imaged in migrated seismic reflection records (Fig 5.1.3.2). Trench sediment entering the subduction zone is about 3 km thick and is partitioned equally into an accreted and underthrust part. The accreted section consists of 2 or more thrust zones whereas the underthrust section is little deformed. In line 111 the first accretionary fault-propagation fold has a well developed back-thrust and slope sediment is ponded behind it. The next complex group of thrust faults is not so well imaged and the contact between buttress and the accretionary prism is unclear.

The seismic record usually presented as a type example of this area (line 111, Fig 5.1.3.2) was not used as the main section for KODIAK-SEIS/VENT project but rather the next section to the southwest (line 117) because an explosives dumping-ground across the former section made bottom contact risky. The alternate section has 3 main schuppen more evenly spaced than the type example which show increased thrusting and fault complexity landward. The buttress is again not imaged in the subsurface.

The Hydrosweep morphology is consistent with seismic data and shows the continuity of structure between seismic lines. Only part of the area surveyed with seismic records was included in the swath map (Fig 5.1.3.3) at the time of this writing (2 days from port). The area is divided at the mid-slope terrace into two tectonic provinces. The upper slope has a steep and rugged morphology dominated by a canyon that continues landward over the shelf break and across the shelf. On the shelf this feature is a glacial trough which at one time contained a large glacier extending to the edge of the shelf. The glacial debris discharged from the end of the glacier must have been erosive on the upper slope but as it encountered a sharply reduced gradient at the middle slope the sediment began to be deposited.

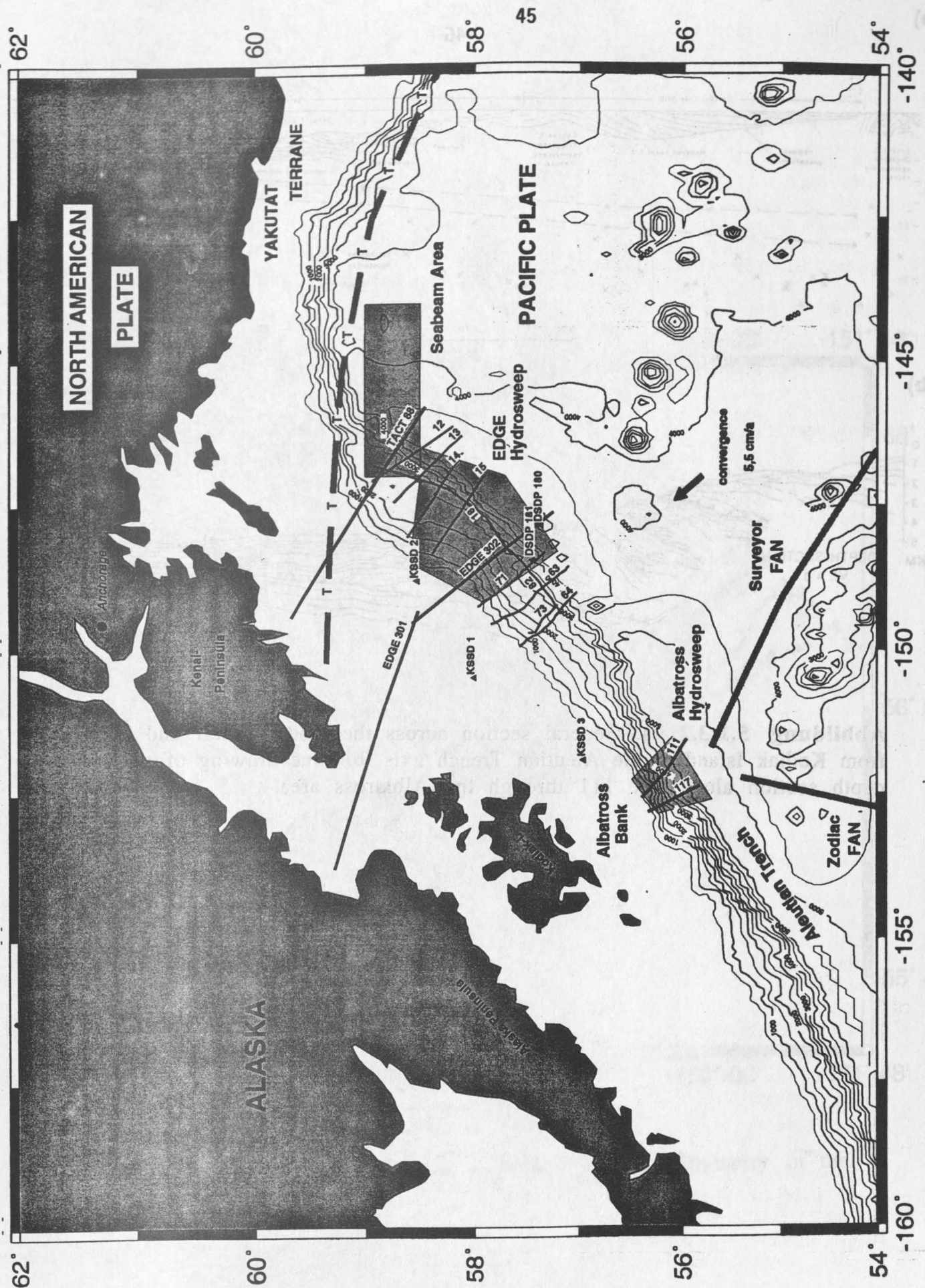
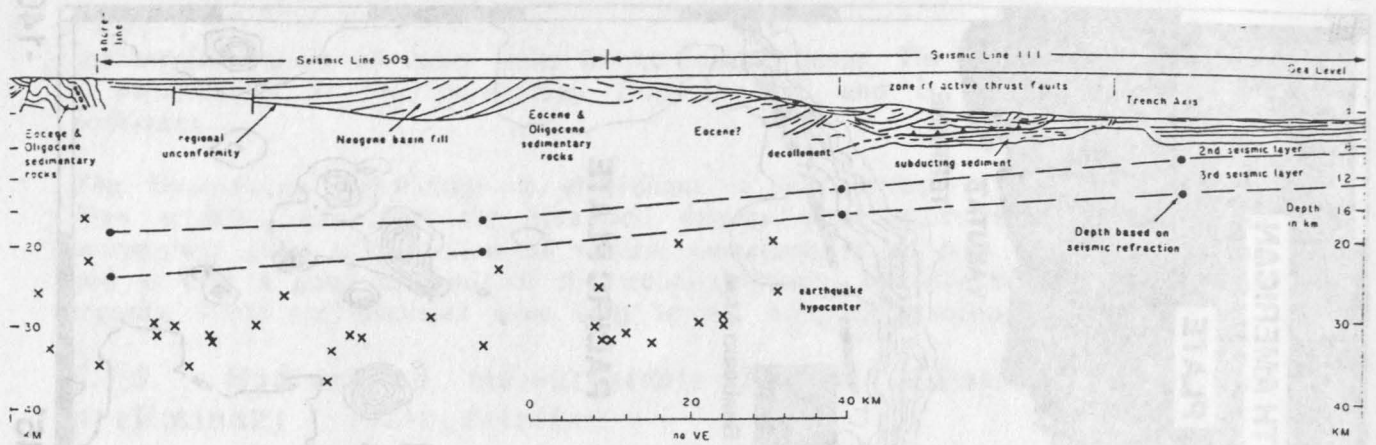


Abbildung 5.1.3.1 Map of the gulf of Alaska showing the relation of the albatross area to other tectonic features.

a)

46



b)

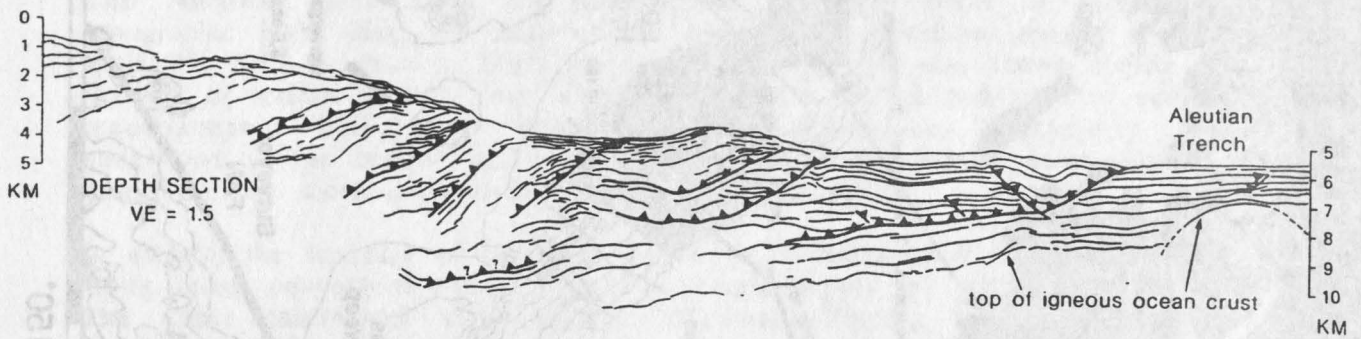


Abbildung 5.1.3.2 a. General section across the Kodiak shelf and margin from Kodiak Island to the Aleutian Trench axis. b. Line drawing of a seismic depth section along line 111 through the Albatross area.

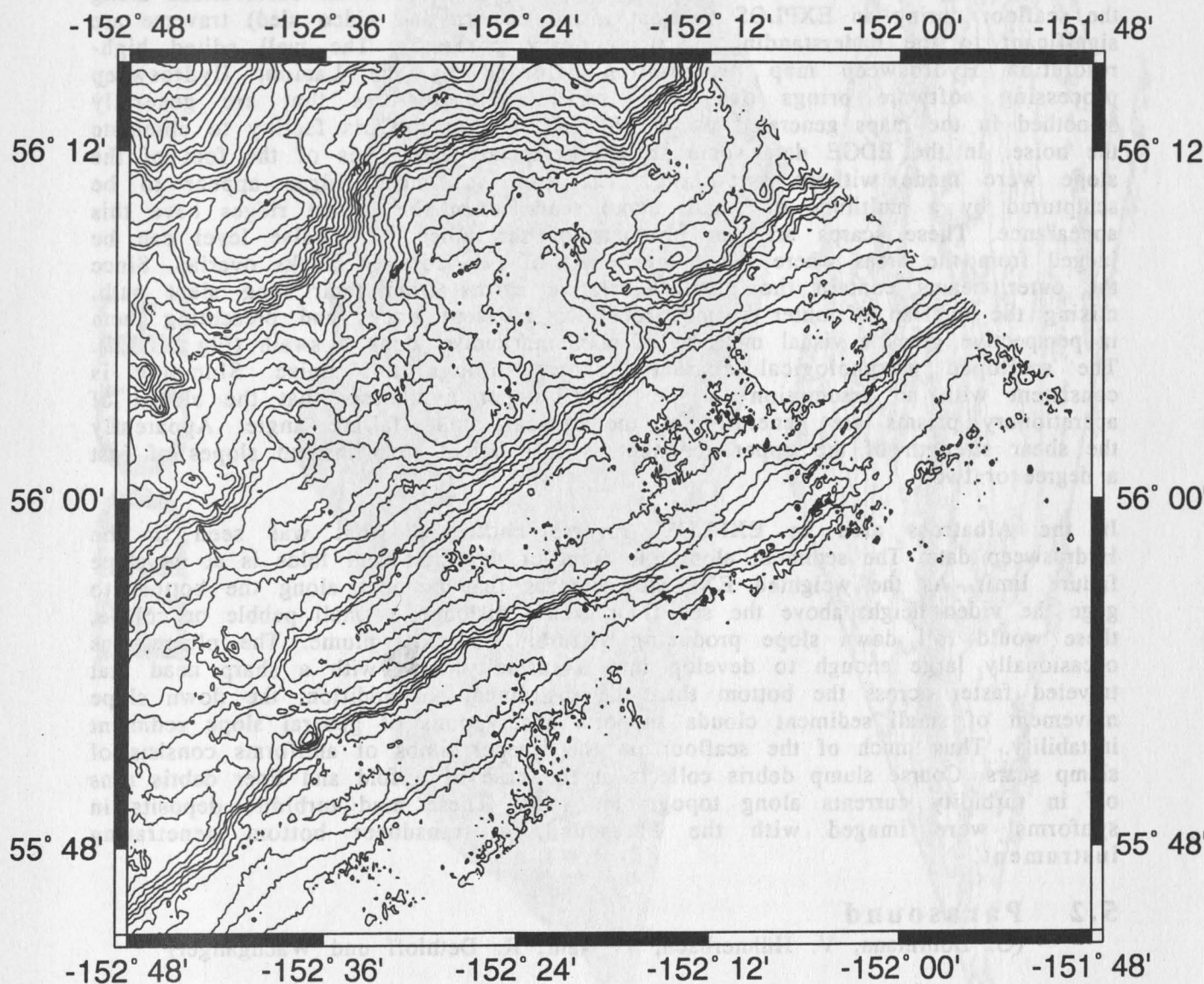


Abbildung 5.1.3.3 Preliminary contour map of bathymetry in the Albatross study area.

Slope sediment fills the low topography between folds of the middle and lower slope and forms broad terraces.

The lower slope morphology consists of a series of long ridges that are fault-bend folds above thrust structures in the seismic records. Locally, two main ridges are visible, in most areas three are well defined, and occasionally four may be present. Although ridges are sub-parallel to the trench axis, the map pattern of the ridges is en echelon and anastomosing. The trench axis, rather than having a straight trace appears to wander in much the same manner as the ridges.

The morphology of both the EDGE and Albatross areas and some observations along the seafloor during an EXPLOS (bottom towed camera and video sled) traverse are significant to the understanding of accretionary processes. The well edited high-resolution Hydrosweep map presentation afforded by the Lamont Hydrosweep processing software brings out some small scale features that are generally smoothed in the maps generated on the SONNE Hydromap/Caris facility to eliminate the noise. In the EDGE data some shaded perspective diagrams of the foot of the slope were made without smoothing. The front of most ridges appear to be sculptured by a multitude of small slump scars; even the lowest ridges have this appearance. These scarps are not products of the noise. The noise level can be judged from the areas where the outer beams of two adjacent tracks overlap. Since the outer beams contain the greatest relative errors from their long slant path, mixing the overlap of outer beams from two adjacent tracks and presenting them in perspective gives a visual measure of maximum noise along a swath (Fig 5.1.3.4). The scalloped morphological character shows through this noise. Slumping is consistent with an assumption in the critical taper hypothesis that the slopes of accretionary prisms are generally at the critical slope failure angle. Apparently the shear strength of the upper sediment is insufficient to withstand slopes of just a degree or two.

In the Albatross area an EXPLOS traverse confirmed what was seen in the Hydrosweep data. The sediment along the front of the fault-bend folds is at its slope failure limit. As the weighted EXPLOS compass that bounces along the bottom to gage the video height above the sea floor would dislodge a small pebble or cobble, these would roll down slope producing a turbid sediment plume. The plume was occasionally large enough to develop into a turbidity flow with a sharp head that traveled faster across the bottom than the instrument. In addition, the down slope movement of small sediment clouds supports observations of general slope sediment instability. Thus much of the seafloor on the steeper limbs of antiforms consists of slump scars. Coarse slump debris collects at the base of a fold and finer debris runs off in turbidity currents along topographic lows. These mud turbidite deposits in synforms were imaged with the Parasound, a transducer bottom penetrating instrument.

5.2 Parasound

(G. Bohrmann, V. Hühnerbach, T. Nähr, R. Dethloff und Wachgänger)

5.2.1 Einleitung

Ziel der PARASOUND-Vermessung war es, Informationen über das jüngere Sedimentationsgeschehen in den Arbeitsgebieten zu erhalten, sowie Positionen für eine, während der SONNE-Reise SO97-1 geplante Beprobung der Sedimente am Kontinentallhang zu erkunden. Im Rahmen der Fluiduntersuchungen sollten auch Gasanreicherungen im oberflächennahen Sediment festgestellt werden. Vor allem in den morphologisch ruhigeren Abschnitten zwischen den Deformationsrücken

EDGE

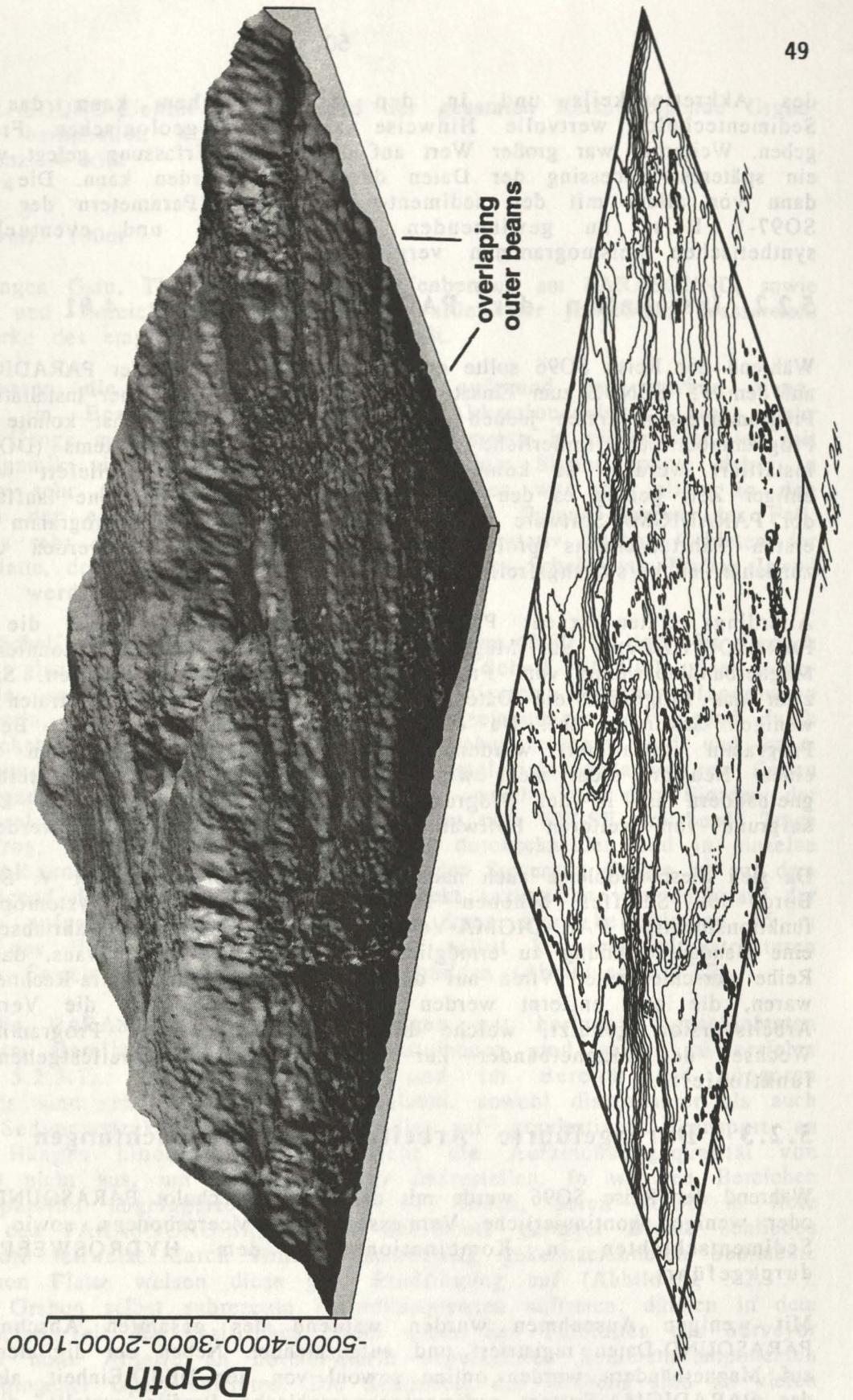


Abbildung 5.1.3.4 Shaded relief perspective looking toward the northwest or landward with the trench axis in the near foreground and the accretionary folds rising into the background. The data have been well edited but not smoothed. Visible is the slump scar topography sculpturing the forward limb of each fold in the foreground. The overlapping outer beams of adjacent tracks provide a measure of the maximum noise in these data (see text for further explanation).

des Akkretionskeils und in den Schelfbereichen kann das Parasound-Sedimentecholot wertvolle Hinweise zu vielen geologischen Fragestellungen geben. Weiterhin war großer Wert auf die digitale Erfassung gelegt worden, damit ein späteres Processing der Daten durchgeführt werden kann. Die Daten sollen dann vor allem mit den sediment-physikalischen Parametern der während der SO97-1 Reise zu gewinnenden Sedimentkernen und eventuell erstellten synthetischen Seismogrammen verglichen werden.

5.2.2 Installation der PARADIGMA-Version 4.01

Während der Reise SO96 sollte erstmals die Version 4.01 der PARADIGMA-Software auf dem FS SONNE zum Einsatz kommen. Beim Versuch einer Installation der neuen Programmversion traten jedoch einige Probleme auf. Zunächst konnte die für den Programmbetrieb erforderliche neue Version des Betriebssystems (DOS 6.2) nicht installiert werden, da keine bootfähigen Disketten mitgeliefert wurden. Nach einiger Zeit gelang es den Systemoperatoren schließlich, eine lauffähige Version der PARADIGMA-Software zu installieren. So konnte das Programm während des ersten Fahrtabschnitts probeweise in Betrieb genommen werden und arbeitete zunächst auch störungsfrei.

Allerdings traten erneut Probleme auf, als versucht wurde die gewonnenen PARASOUND-Daten auf Magnetband zu speichern. Zunächst konnten die beiden Magnetbandlaufwerke vom Programm nicht angesprochen werden. Später startete zwar das Programm die Datenaufzeichnung, aber Systemfehler traten bereits nach wenigen Sekunden auf. Da die Magnetbänder vor einer jeden Benutzung vom Programm initialisiert werden, konnten die bereits eingelegten Bänder nach einem Neustart nicht mehr weiter genutzt werden. Das Überschreiben von Magnetbändern ist in der Programmversion 4.01 zwar vorgesehen, konnte jedoch aufgrund von weiteren Softwareproblemen nicht durchgeführt werden.

Da sich diese Probleme auch nach mehrmaliger Rücksprache mit V. Spieß nicht an Bord des Schiffes beheben ließen, installierten die Systemoperatoren die funktionstüchtige PARADIGMA-Version 3.1., um auf dem Fahrtabschnitt SO96-2 eine Bandaufzeichnung zu ermöglichen. Dabei stellte sich heraus, daß eine ganze Reihe verschiedenster Viren auf der Festplatte des HP Vectra-Rechners zu finden waren, die erst entfernt werden mußten. Danach wurde die Version 3.1 als Arbeitsversion genutzt, welche bis auf einige wenige Programmfehler beim Wechsel der Magnetbänder zur Datenaufzeichnung, weitestgehend sehr gut funktionierte.

5.2.3 Durchgeführte Arbeiten und Beobachtungen

Während der Reise SO96 wurde mit dem Sedimentecholot PARASOUND eine mehr oder weniger kontinuierliche Vermessung des Meeresbodens, sowie der obersten Sedimentschichten in Kombination mit dem HYDROSWEEP-Wachbetrieb durchgeführt.

Mit wenigen Ausnahmen wurden während des gesamten Abschnittes SO96-2 PARASOUND-Daten registriert und aufgezeichnet. Neben der digitalen Speicherung auf Magnetbändern wurden online sowohl von der DESO-Einheit, als auch durch das PARADIGMA-System sedimentechographische Profile erstellt, die auf einem Schreiber bzw. Farbdrucker ausgegeben wurden. Mit Hilfe dieser beiden Profilschriebe konnte eine erste Auswertung stattfinden.

An der PARASOUND-Einheit war während der gesamten Reise folgende Grundkonfiguration beibehalten worden:

- Grundfrequenz: 4 kHz
- Pulslänge: 4
- Bottom-TVC: 0
- Tiefenintervall: 100m

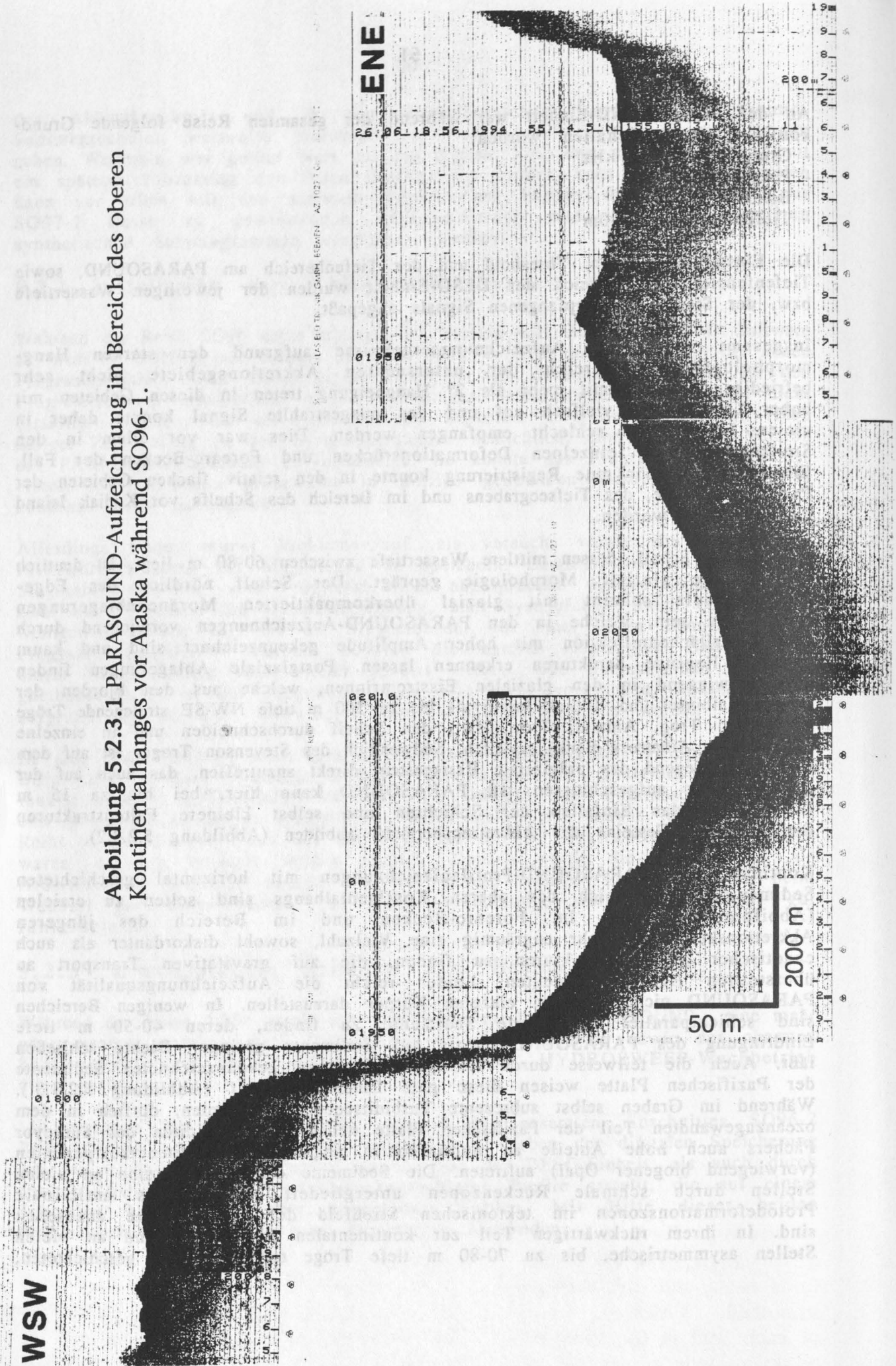
Die Einstellungen Gain, Threshold und der Tiefenbereich am PARASOUND, sowie Tiefenfenster und -bereich der DESO-Einheit wurden der jeweiligen Wassertiefe bzw. der Stärke des empfangenen Signals angepaßt.

Insgesamt waren die Aufzeichnungsergebnisse aufgrund der starken Hangmorphologie im Bereich der untersuchten Akkretionsgebiete nicht sehr befriedigend. Hänge mit mehr als 2° Hangneigung treten in diesen Gebieten mit hoher Geodynamik vielfach auf und das ausgestrahlte Signal konnte daher in vielen Fällen sehr schlecht empfangen werden. Dies war vor allem in den Steilanstiegen der einzelnen Deformationsrücken und Forearc-Becken der Fall. Eine gute bis sehr gute Registrierung konnte in den relativ flachen Gebieten der Pazifischen Platte, des Tiefseegrabens und im Bereich des Schelfs vor Kodiak Island durchgeführt werden.

Der Kodiak Schelf, dessen mittlere Wassertiefe zwischen 60-80 m liegt, ist deutlich durch seine glaziale Morphologie geprägt. Der Schelf nördlich des Edge-Arbeitsgebiets scheint mit glazial überkompaktierten Moränenablagerungen bedeckt zu sein, welche in den PARASOUND-Aufzeichnungen vorwiegend durch eine Oberflächenreflektion mit hoher Amplitude gekennzeichnet sind und kaum darunter liegende Strukturen erkennen lassen. Postglaziale Ablagerungen finden sich vorwiegend in den glazialen Eisstromrinnen, welche aus den Fjorden der Alaska Halbinsel und Kodiak Inseln als bis zu 300 m tiefe NW-SE streichende Tröge (Stevenson Trog, Amatuli Trog usw.) den Schelf durchschneiden und in einzelne Bänke (z.B. Albatross Bank) zerteilen. Südwestlich des Stevenson Troges ist auf dem Schelf vorwiegend das präglaziale Basisgestein direkt anzutreffen, das auch auf der Insel Kodiak aufgeschlossen ist. PARASOUND kann hier, bei bis zu 15 m Eindringung das Einfallen der Schichten und selbst kleinere Faltenstrukturen dieser älteren Gesteine des Akkretionsbereichs abbilden (Abbildung 5.2.3.2).

Kontinuierliche PARASOUND-Profilaufzeichnungen mit horizontal geschichteten Sedimenten im Bereich des oberen Kontinentalhangs sind selten zu erzielen (Abbildung 5.2.3.1). Im Forearc-Becken und im Bereich des jüngeren Akkretionskeils sind sehr engräumig eine Vielzahl, sowohl diskordanter als auch chaotischer Sedimentstrukturen zu finden, die auf gravitativen Transport an übersteilten Hängen hindeuten. Leider reicht die Aufzeichnungsqualität von PARASOUND nicht aus, um einzelne Körper darzustellen. In wenigen Bereichen sind schichtparallel abgelagerte Sedimente zu finden, deren 40-50 m tiefe Eindringung des PARASOUND-Signals auf Sedimente geringer Dichte schließen läßt. Auch die teilweise durch Horizontalschichtung gekennzeichneten Sedimente der Pazifischen Platte weisen diese gute Eindringung auf (Abbildung 5.2.3.3.). Während im Graben selbst subrezente Turbiditsequenzen auftreten, dürften in dem ozean zugewandten Teil der Pazifischen Platte neben den Turbiditen des Surveyor Fächers auch hohe Anteile an normal-marin abgelagerten Sedimentkomponenten (vorwiegend biogener Opal) auftreten. Die Sedimente des Grabens sind an vielen Stellen durch schmale Rücken zonen untergliedert, welche als antiklinale Protodeformationszonen im tektonischen Streßfeld der Plattengrenze anzusehen sind. In ihrem rückwärtigen Teil zur kontinentalen Platte hin sind an vielen Stellen asymmetrische, bis zu 70-80 m tiefe Tröge mit horizontal geschichteten,

Abbildung 5.2.3.1 PARASOUND-Aufzeichnung im Bereich des oberen Kontinentalhanges vor Alaska während SO96-1.



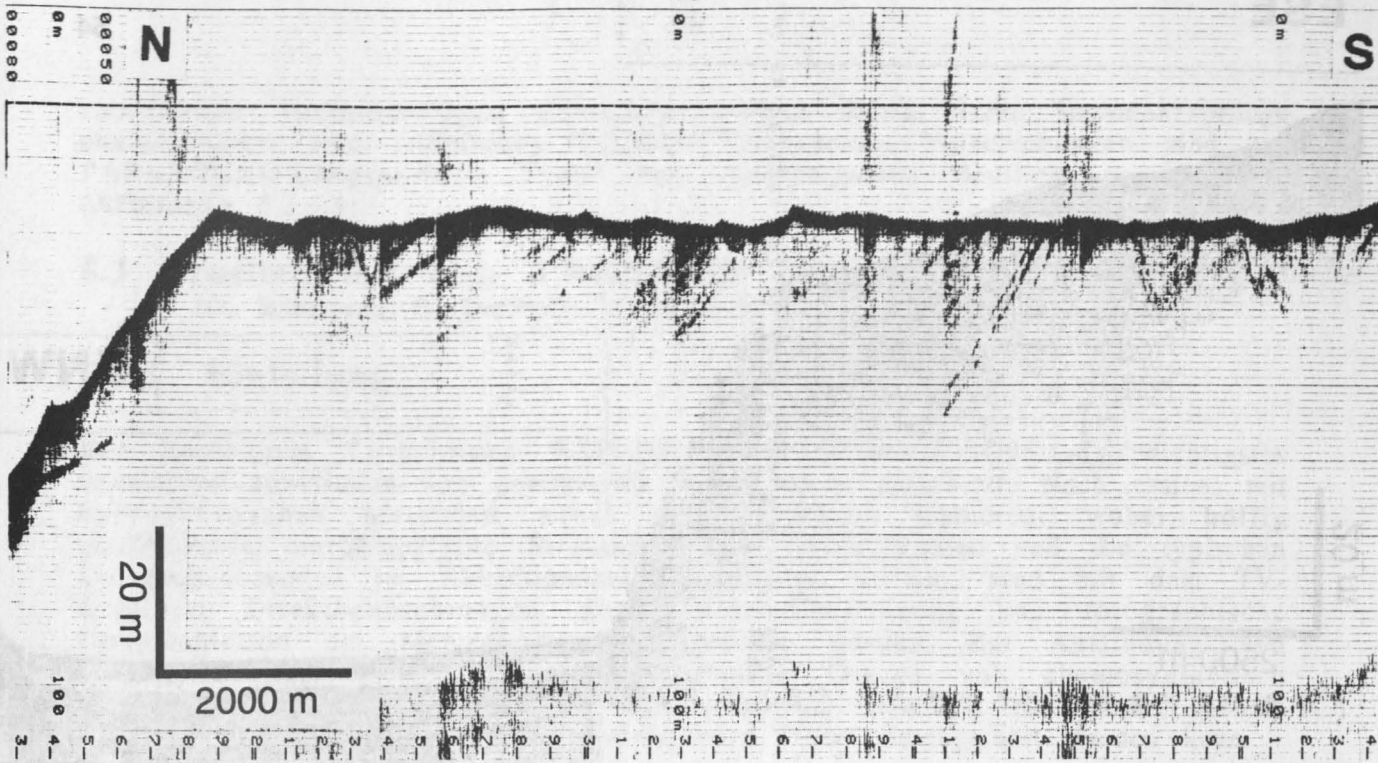


Abbildung 5.2.3.2 PARASOUND-Aufzeichnung vom Schelf südwestlich von Kodiak-Insel mit Übergang zu einem glazialen Trog. Deutlich sind die Lagerungsverhältnisse der präglazialen Sedimente zu erkennen.

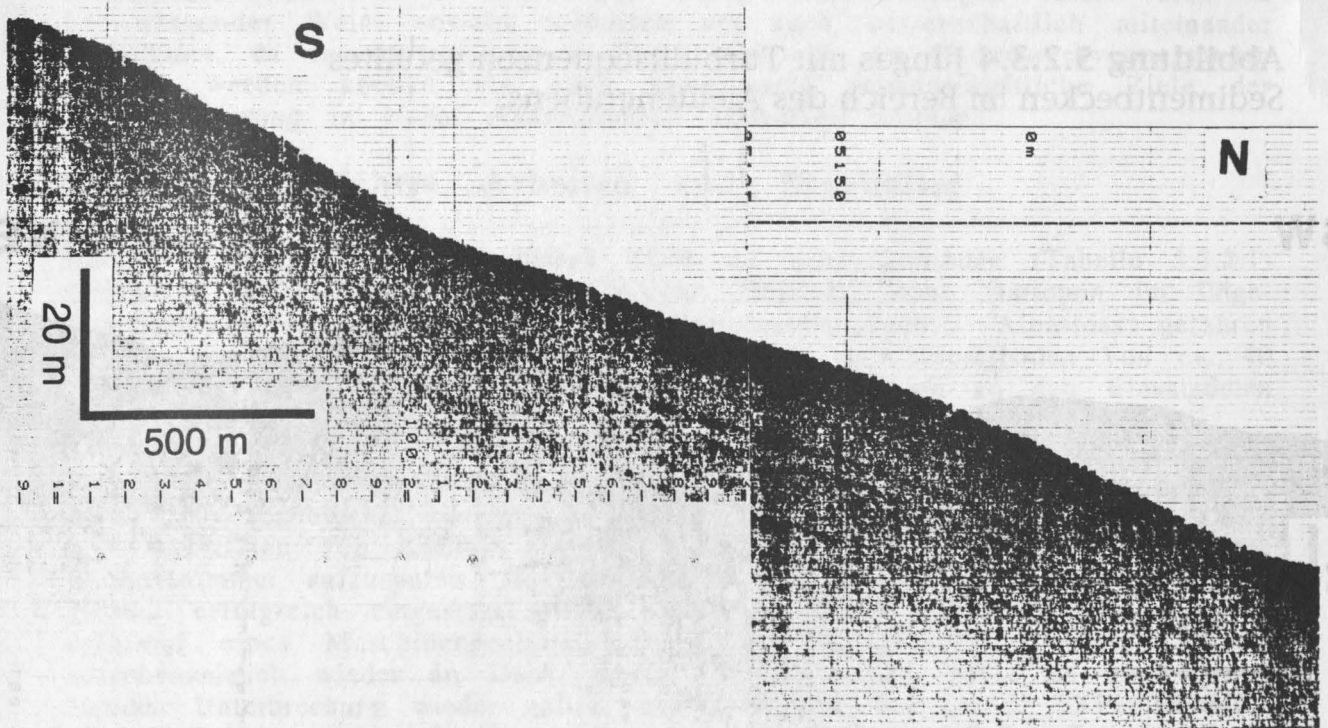


Abbildung 5.2.3.3 PARASOUND-Analogaufzeichnung von horizontal geschichteten, hemipelagischen Sedimenten der Pazifischen Platte.

ESE

54

20 m
2500 m

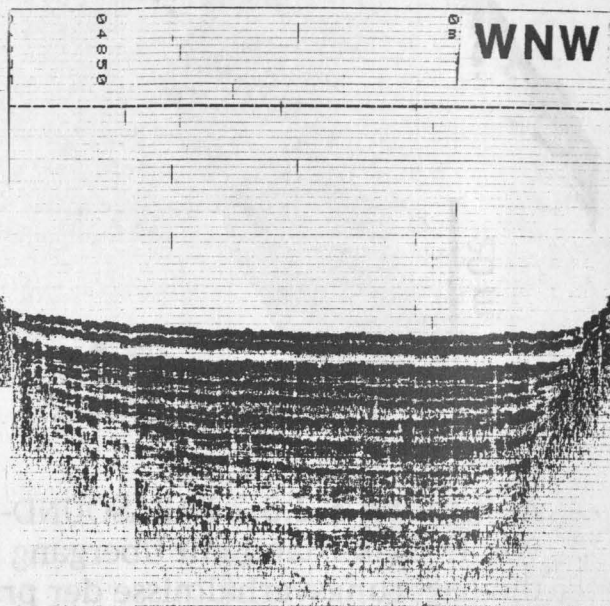
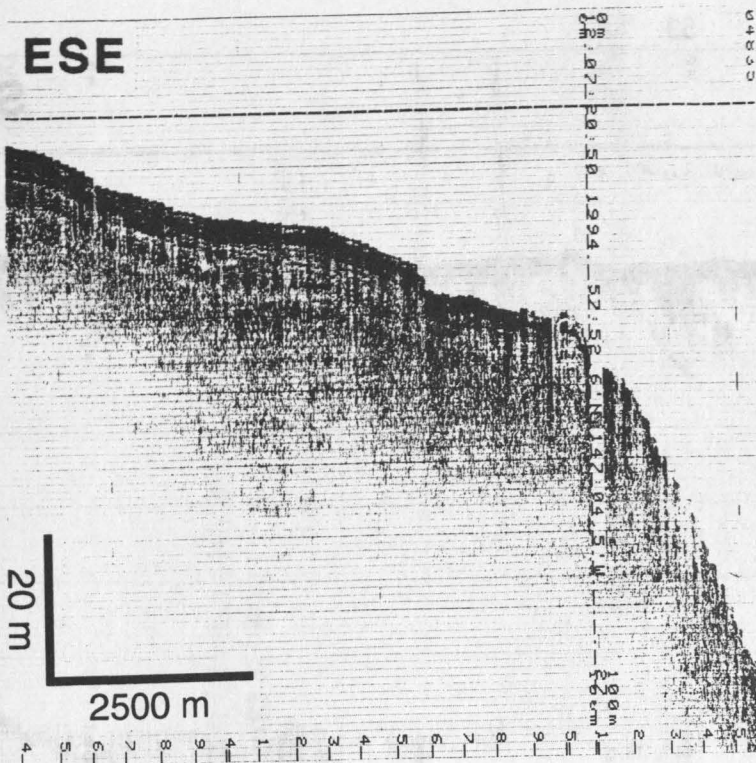


Abbildung 5.2.3.4 Junges mit Turbiditsequenzen gefülltes Sedimentbecken im Bereich des Aleutengraben.

SW

NE

20 m
2500 m

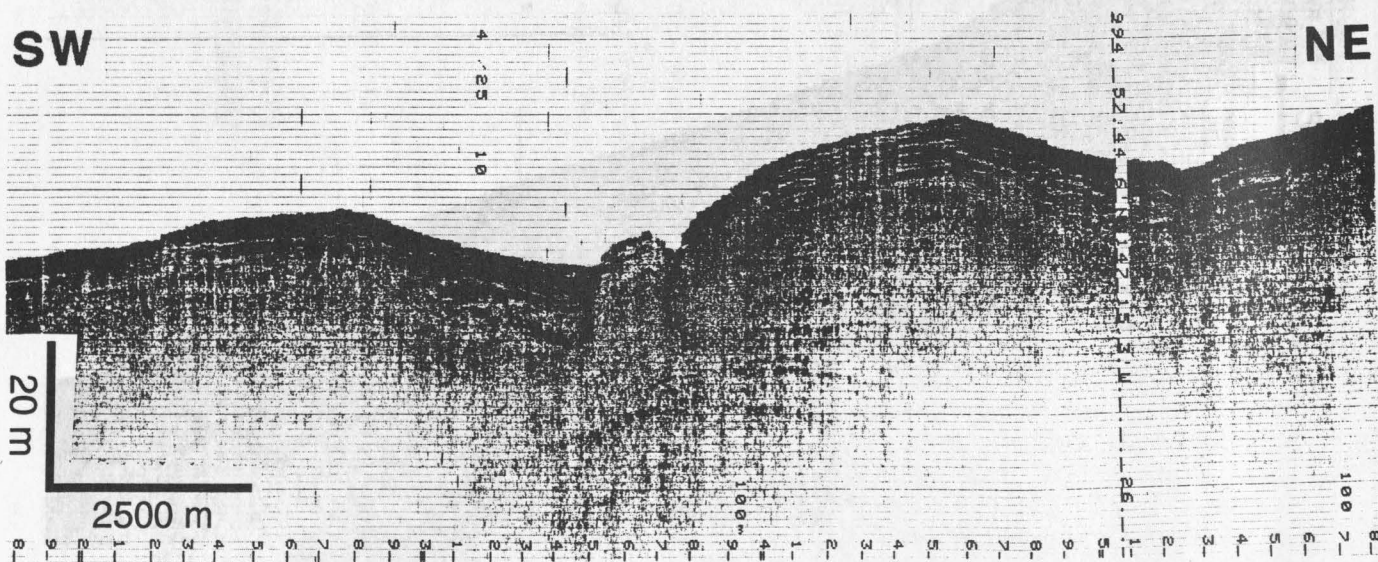


Abbildung 5.2.3.5 PARASOUND-Aufzeichnung im Bereich der Grabenfüllung des Aleutengraben mit transversaler Verschiebung (Bildmitte).

subrezenten Turbiditabfolgen entwickelt, welche durch starke Impedanzsprünge charakterisiert sind (Abbildung 5.2.3.4). Transversale Verschiebungen sind auf PARASOUND-Längsprofilen durch den Aleutengraben deutlich zu erkennen (Abbildung 5.2.3.5).

5.3 Arbeiten mit dem TV-Schlitten EXPLOS

(G. Bohrmann, R. Dethloff, V. Hühnerbach, T. Nähr)

5.3.1 Einleitung

Der bordeigene TV-Schlitten EXPLOS wurde während SO96 als wichtigstes Instrument zur Suche von potentiellen Vent-Feldern eingesetzt. Nach ersten, mit hydroakustischen Methoden näher eingeschränkten Gebieten, wobei höffig erscheinende morphologische Strukturen, wie Abbruchkanten und die typischen Deformationszonen im Akkretionskeil ausgewählt wurden, sind mit dem TV-Schlitten Direktbeobachtungen durch Video-Übertragung und fotografische Dokumentation am Meeresboden durchgeführt worden. Zur Auffindung von aktiven Ventfeldern ist die makroskopische Ortung von chemosynthetisch lebenden Faunengemeinschaften als das wichtigste Kriterium zu nennen, welche mit Hilfe des TV-Schlittens in hervorragender Weise durchgeführt werden kann.

Da im Bereich des Aleutengrabens bisher noch keine tektonisch induzierten, aktiven Vents beobachtet wurden, die während der Expedition beprobt werden könnten, mußte mit längeren Suchfahrten im Untersuchungsgebiet gerechnet werden. Da solche Suchfahrten aller Erfahrung nach sehr zeitaufwendig sind, sollte ein Teil der Vorerkundung bereits während der vorwiegend geophysikalisch orientierten Fahrt SO96 stattfinden. Diese Untersuchungen lassen sich in hervorragender Weise sowohl technisch als auch wissenschaftlich miteinander verknüpfen, da sowohl gemeinsame Daten wie z.B. die Hydrosweepvermessungen genutzt werden können als auch gemeinsame wissenschaftliche Ziele der Fluidbilanzierung in einem Akkretionskeil entwickelt wurden.

5.3.2 Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Der TV-Schlitten wurde während SO96 an zehn Stationen (Tabelle 5.3.2.1) eingesetzt, wobei eine Station im Gebiet Unimak, sechs Stationen im Edge-Arbeitsgebiet und drei Stationen im Untersuchungsgebiet Albatross gefahren wurden. Insgesamt kann ein Beobachtungszeitraum am Meeresboden von ca. 40 Stunden verzeichnet werden. Alle wichtigen Informationen zu den Einsatzdaten und Unregelmäßigkeiten sind in der Tabelle 5.3.2.1 aufgelistet.

Der erste Einsatz, während des Fahrtabschnitts SO96-1 mußte in ca. 1900 m Wassertiefe abgebrochen werden, da erhebliche Defekte am Koax-Kabel auftraten. Erst im Hafen von Kodiak war es möglich, ein neues Koax-Kabel auf die Windentrommel aufzuspulen. Das EXPLOS konnte jedoch anschließend, während SO96-2 erfolgreich eingesetzt werden. Während der 3. EXPLOS-Fahrt kam es aufgrund eines Maschinenproblems zu einer Verzögerung, da das EXPLOS zwischenzeitlich wieder an Deck gehievt werden mußte, bevor es nach ca. 3 Stunden Unterbrechung wieder gefiert werden konnte. Bei der 5. EXPLOS-Station trat beim Aussetzen kurzfristig ein Kurzschluß in der Kamera B auf, so daß der Einsatz nur mit einer Kamera (A) gefahren werden konnte. Während der Station 8 ist in ca. 4900 m Tiefe das Druckgehäuse der Telemetrie des SSBL-Navigationssystems implodiert. Während der Station 9 ist die Ersatztelemetrie bereits

Explos 1: (Unimak)			Schiffsposition:			Explos- (SSBL-) Position:		
	Datum (UTC)	Zeit (UTC)	Latitude (°N)	Longitude (° W)	WT HS (m)	Latitude (°N)	Longitude (° W)	WT (m)
Beginn Fieren:	24:06	04:19	53°06.05'	163°57.16'	4402	-	-	-
Gerät an Deck:	24:06	08:01	53°04.67'	163°58.03'	4663	-	-	-
Bemerkungen:	Station wurde wegen Kabeldefekt in 1900 m WT abgebrochen							

Explos 2: (Edge: 1. Rücken)			Schiffsposition:			Explos (SSBL-) Position:		
	Datum (UTC)	Zeit (UTC)	Latitude (°N)	Longitude (° W)	WT HS (m)	Latitude (°N)	Longitude (° W)	WT (m)
Beginn Fieren:	02:07	17:24	57°40.44'	147°53.57'	3735	-	-	-
Erste Bodensicht:	02:07	18:41	57°38.77'	147°53.69'	3763	57°39.55'	147°54.20'	3763
Beginn Hieven:	02:07	23:13	57°35.31'	147°52.27'	4782	57°36.16'	147°52.85'	4782
Gerät an Deck:	03:07	00:35	57°35.20'	147°53.93'	4701	-	-	-
Bemerkungen:								

Explos 3: (Edge: 1. Rücken)			Schiffsposition:			Explos (SSBL-) Position:		
	Datum (UTC)	Zeit (UTC)	Latitude (°N)	Longitude (° W)	WT HS (m)	Latitude (°N)	Longitude (° W)	WT (m)
Beginn Fieren:	03:07	17:41	57°34.87'	148°04.42'	3916	-	-	-
Erste Bodensicht:	03:07	18:58	57°34.09'	148°04.31'	3847	57°34.49'	148°04.38'	3847
Beginn Hieven:	03:07	22:45	57°31.39'	148°03.26'	4691	57°32.21'	148°03.71'	4691
Gerät an Deck:	03:07	23:58	57°31.19'	148°04.10'	4697	-	-	-
Bemerkungen:								

Explos 4: (Edge: 3. & 4. Rücken)			Schiffsposition:			Explos (SSBL-) Position:		
	Datum (UTC)	Zeit (UTC)	Latitude (°N)	Longitude (° W)	WT HS (m)	Latitude (°N)	Longitude (° W)	WT (m)
Beginn Fieren:	06:07	12:10	57°41.58'	148°04.42'	3916	-	-	-
Erste Bodensicht:	06:07	13:13	57°41.29'	148°10.93'	2790	57°41.43'	148°11.41'	2834
Beginn Hieven:	06:07	18:45	57°39.70'	148°04.73'	3594	57°39.97'	148°05.55'	3526
Gerät an Deck:	06:07	19:45	57°39.08'	148°03.85'	3585	-	-	-
Bemerkungen:	Faunenansammlung (Hinweis auf Venting) bei 16:47 Uhr (57°40.50'N; 148° 07.75'W; 3313m WT)							

Explos 5: (Edge: 2. Rücken)			Schiffsposition:			Explos (SSBL-) Position:		
	Datum (UTC)	Zeit (UTC)	Latitude (°N)	Longitude (° W)	WT HS (m)	Latitude (°N)	Longitude (° W)	WT (m)
Beginn Fieren:	08:07	02:41	57°42.36'	147°57.53'	3504	-	-	-
Erste Bodensicht:	08:07	03:51	57°41.95'	147°56.74'	3539	57°42.20'	147°57.09'	3591
Beginn Hieven:	08:07	08:51	57°39.82'	147°51.58'	3761	57°40.38'	147°52.98'	3730
Gerät an Deck:	08:07	10:04	57°39.92'	147°51.63'	3504	-	-	-
Bemerkungen:	Probleme mit einer Kamera; nur ein Diafilm							

Tabelle 5.3.2.1 Liste der wichtigsten Daten der EXPLOS-Stationen.

Explos 6: (Edge: 5. Rücken)			Schiffsposition:			Explos (SSBL-)-Position:		
	Datum (UTC)	Zeit (UTC)	Latitude (°N)	Longitude (° W)	WT HS (m)	Latitude (°N)	Longitude (° W)	WT (m)
Beginn Fieren:	11:07	06:40	57°43.74'	148°26.05'	2675	-	-	-
Erste Bodensicht:	11:07	07:30	57°43.05'	148°26.11'	2611	57°43.38'	148°26.25'	2670
Beginn Hieven:	11:07	12:51	57°39.33'	148°25.71'	3304	57°39.52'	148°25.98'	3372
Gerät an Deck:	11:07	14:06	57°39.06'	148°25.59'	3310	-	-	-
Bemerkungen:								

Explos 7-2: (Edge: 1. Rücken)			Schiffsposition:			Explos (SSBL-)-Position:		
	Datum (UTC)	Zeit (UTC)	Latitude (°N)	Longitude (° W)	WT HS (m)	Latitude (°N)	Longitude (° W)	WT (m)
Beginn Fieren:	11:07	20:03	57°44.48'	147°42.02'	4254	-	-	-
Erste Bodensicht:	11:07	21:21	57°44.31'	147°40.75'	4341	57°44.39'	147°41.49'	4434
Beginn Hieven:	12:07	03:21	57°43.00'	147°35.06'	4770	57°43.14'	147°36.10'	4756
Gerät an Deck:	12:07	04:46	57°42.83'	147°34.05'	4831	-	-	-
Bemerkungen: Zu Vergleichszwecken mit der Explos-CTD wurde eine Multisonden-CTD (Station 7-1) zuvor gefahren								

Explos 8: (Albatross)			Schiffsposition:			Explos (SSBL-)-Position:		
	Datum (UTC)	Zeit (UTC)	Latitude (°N)	Longitude (° W)	WT HS (m)	Latitude (°N)	Longitude (° W)	WT (m)
Beginn Fieren:	20:07	14:51	55°57.34'	152°30.03'	4835	-	-	-
Erste Bodensicht:	20:07	16:08	55°56.90'	152°29.59'	4847	55°57.18'	152°29.81'	4627
Beginn Hieven:	20:07	21:26	55°54.26'	152°25.76'	5252	55°54.36'	152°25.68'	4790
Gerät an Deck:	20:07	22:45	55°54.02'	152°26.41'	5247	-	-	-
Bemerkungen: Telemetrie der SSBL-Nav.-Anlage implodiert								

Explos 9: (Albatross)			Schiffsposition:			Explos (SSBL-)-Position:		
	Datum (UTC)	Zeit (UTC)	Latitude (°N)	Longitude (° W)	WT HS (m)	Latitude (°N)	Longitude (° W)	WT (m)
Beginn Fieren:	23:07	18:10	56°02.68'	152°28.71'	3868	-	-	-
Erste Bodensicht:	23:07	19:12	56°02.46'	152°27.90'	3860	-	-	-
Beginn Hieven:	24:07	01:00	55°59.63'	152°23.60'	4961	-	-	-
Gerät an Deck:	24:07	02:10	55°59.68'	152°23.29'	4962	-	-	-
Bemerkungen: Telemetrie der Ersatz-SSBL-Nav.-Anlage implodiert								

Explos 10: (Albatross)			Schiffsposition:		
	Datum (UTC)	Zeit (UTC)	Latitude (°N)	Longitude (° W)	WT HS (m)
Beginn Fieren:	24:07	15:11	55°58.86'	152°38.69'	3979
Erste Bodensicht:	24:07	16:24	55°58.51'	152°38.05'	3995
Beginn Hieven:	25:07	01:11	55°52.90'	152°29.45'	5220
Gerät an Deck:	25:07	02:31	55°53.21'	152°29.05'	5221
Bemerkungen: Ohne SSBL-Navigation					

Tabelle 5.3.2.1 Fortsetzung.

in ca. 4700 m implodiert. Von beide Stationen können daher die EXPLOS-Positionswerte zumindest für den zweiten Teil der Einsätze nicht genutzt werden.

Zur Planung der EXPLOS-Einsätze wurden die zur Verfügung stehenden geologischen und geophysikalischen Informationen (z.B. seismische Profile) genutzt. Eine Gloria-Vermessung des USGS, Menlo Park stand uns zur Verfügung und leistete wichtige Dienste. Zur Detailplanung wurden für das jeweilige Gebiet vom WTD großmaßstäbliche, bathymetrische Arbeitskarten in 20 m Isolinienabstand angefertigt. Bei der Darstellung wurde darauf geachtet, daß eine möglichst geringe Glättung der Rohdaten erfolgte, damit alle bathymetrischen Informationen genutzt werden konnten. Trotzdem waren in zwei Fällen Steilabhänge, wie sie bei dem EXPLOS-Einsatz beobachtet wurden, anhand der Karten nicht im voraus zu erkennen.

Die EXPLOS-Beobachtungen wurden mit Hilfe des Programms Geoprotokoll auf der WISS-VAX protokolliert und als .DAT-Files pro Station abgelegt. Nach dem Einsatz wurde der Kurs des EXPLOS anhand der SSBL-Navigationsdaten für jede Station in die Arbeitskarten geplottet, um so eine gute geographische Zuordnung der Beobachtungen zu erhalten, welche vor allem bei der späteren Auswertung der EXPLOS-Bilder von Bedeutung ist. Da das SSBL-System während SO96 zum ersten Mal im Responderbetrieb eingesetzt wurde, sind in diesem Bericht die Beispiele der beiden Stationsfahrten 4 und 5 (Abbildungen 5.3.2.1 und 5.3.2.2) stellvertretend dargestellt. Obwohl abweichende Einzelwerte herausfallen, läßt sich der Verlauf der EXPLOS-Tracks anhand der hier geplotteten unkorrigierten Rohdaten aus der Datenbank, sehr deutlich nachvollziehen (Abbildungen 5.3.2.1 und 5.3.2.2). Dieses Navigationssystem ist damit eine große Hilfe, dessen Installation sehr positiv zu bewerten ist.

Die Positionen der sechs gefahrenen EXPLOS-Tracks im EDGE Arbeitsgebiet sind in der bathymetrischen Karte (Abbildung 5.3.2.3) dargestellt. Bei der Suche nach aktiven Fluidaustrittsstellen mittels EXPLOS wurde zunächst ein Schwerpunkt auf die erste Deformationsfront des Akkretionskeils gelegt, da dort nach geophysikalischen Daten die Hauptentwässerung stattfindet (von Huene et al. in prep.). Aus diesem Grund wurden drei EXPLOS-Fahrten (2, 3 und 7) in diesem Bereich durchgeführt (Abbildung 5.3.2.3). EXPLOS 3 wurde unmittelbar entlang der EDGE Linie von 3800 m bis auf 4600 m Wassertiefe abgefahren, um einen direkten Vergleich zu den seismischen Daten der EDGE Linie durchzuführen. Die EXPLOS 2-Station wurde weiter nordöstlich ebenfalls an der SE-Flanke der ersten Deformationsfront (von 3700 m bis 4700 m Wassertiefe) gefahren, die aufgrund ihrer, in Stufen gegliederten Hangmorphologie auf streichende tektonische Elemente hindeutet und damit tektonische Entwässerungsbahnen vermuten läßt. EXPLOS 7 sollte eine auf der GLORIA-Vermessung als ovale bis runde zu erkennende Struktur der ersten Deformationsfront beobachten, welche den Verdacht auf einen möglichen Muddiapir erweckte (Abbildung 5.3.2.3). Alle drei EXPLOS-Einsätze zeigten eine Fülle von Detailinformationen, aber erbrachten keine direkten Hinweise auf größere Populationen von chemosynthetisch lebenden Faunengemeinschaften und damit aktive Fluidaustrittsstellen entlang der gefahrenen Tracks. Bei allen drei EXPLOS-Fahrten im Bereich der ersten Deformationszone sind folgende Merkmale der Oberflächenbeschaffenheit auffällig: Die NW-Flanken der Rücken sind meist mit sehr feinkörnigem, recht homogen erscheinendem Sediment bedeckt und deuten auf rezente Akkumulationsgebiete hin. Auf den Rücken selbst, besonders im südöstlichen Topbereich, treten meist Sedimente mit Geröllen auf, die als glaziale Dropstone-Sedimente gedeutet werden können. Hier scheint es vorwiegend zur Erosion zu kommen. An den SE-Flanken kommt es meist zu Steilabbrüchen, an denen, vor

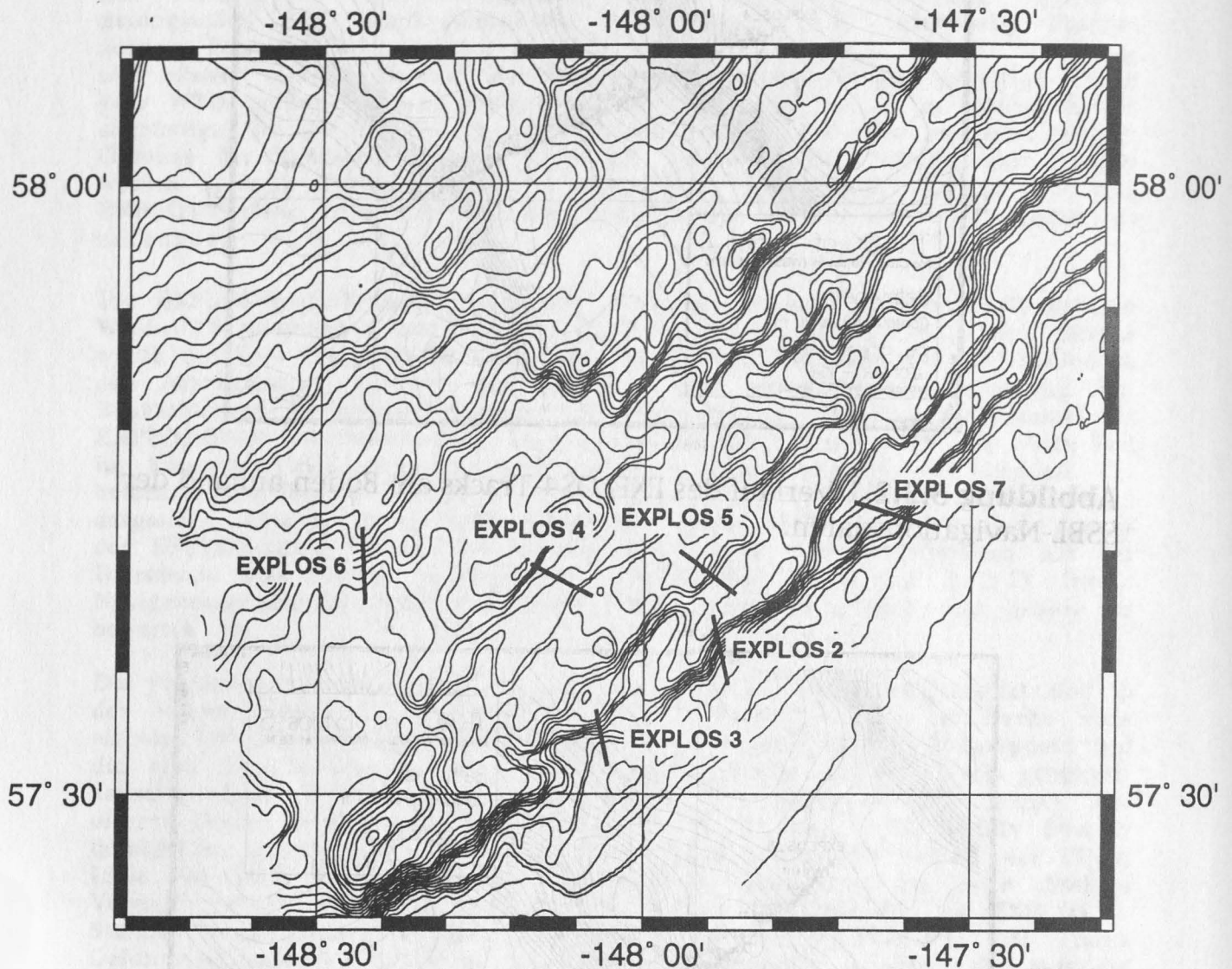


Abbildung 5.3.2.3 Bathymetrische Karte des Untersuchungsgebiets in 100 m-Isoliniendarstellung mit Lage der sechs EXPLOS-Stationen über die einzelnen Rückensysteme des Akkretionskeils in der Umgebung der seismischen Linie EDGE 302.

allem im tieferen Hangbereich, z.T. tektonisch deformierte Festgesteine Aufschlüsse bilden. Eine deutliche Schichtung dieser Gesteine kann nicht immer beobachtet werden. Blockschutt tritt vor allem am Hangfuß auf und ist teilweise mit feinkörnigerem Sediment gemischt (Hinweis auf Rutschungsfächer). Vor allem an der EXPLOS-Station 7 traten beim Hinunterfahren der SE-Flanke ab 4350 m immer wieder Steilkanten auf, die ein Einfallen gegen den Hang zeigten, an denen der TV-Schlitten wieder gehievt werden mußte. Diese Steilkanten traten vermehrt am unteren Hang auf und deuten auf sehr junge Rutschmassenbewegungen hin.

Die weitere Suche nach Fluidaustrittsstellen sollte nach Möglichkeit alle Deformationszonen quer zum Streichen überdecken. Daher wurden die EXPLOS-Tracks so gelegt, daß EXPLOS 5 (3300-3700 m WT) die zweite Deformationsfront, EXPLOS 4 (zwischen 2800-3600 m WT) den dritten und vierten Rücken und EXPLOS 6 (zwischen 2600-3300 m WT) die fünfte Deformationsfront erfaßte (siehe Abbildung 5.3.2.3).

Von diesen drei Stationen konnten während EXPLOS 4 mehrere Hinweise auf Vent-Faunen beobachtet werden. So konnte eine auffällige Faunen-Anhäufung von bisher noch nicht näher identifizierbaren Schalenorganismen (möglicherweise Muscheln?) in einer linienhaften Anordnung im Bereich der Verebnung bei 3310 m, oberhalb des dritten Deformationsrückens, für kurze Zeit beobachtet werden. Die gesamte Verebnung ist mit feinkörnigem wohl vorwiegend rezenten-subrezentem Lockersedimenten bedeckt, auf denen sonst nur vagile Benthonten als Einzelorganismen vorkommen. Die Anhäufung dieser sessilen Organismen war recht auffällig. Ob es sich dabei um eine chemosynthetische Lebensgemeinschaft an einer zur Zeit aktiven Fluidaustrittsstelle handelt, muß die Beprobung während der SO97-Expedition zeigen. Bei der Weiterfahrt mit dem EXPLOS (Station 4; siehe Abbildung 5.3.2.4) über den dritten Deformationsrücken wurden an der SE-Flanke zwei Steilabhänge mit einer dazwischenliegenden Hangterrasse vorgefunden. Am Fuße der unteren Steilstufe wurden mehrfach helle umgelagerte Schalen im Sediment beobachtet, deren Größe auf Muschelschalen hindeutet.

Im Gebiet Albatross wurden drei EXPLOS-Einsätze im Bereich der 1. und 2. Deformationsfront gefahren (Tab. 5.3.2.1). Die Planung erfolgte auf der Kenntnis der tektonischen Detailstrukturen, welche aus der seismischen Linie 117 bekannt sind. Während dieser drei Einsätze wurden ebenfalls keine unmittelbaren Hinweise auf aktive Fluidaustritte in Form von großflächig auftretenden Faunenpopulationen chemosynthetisch lebender Organismen gefunden.

Hinweise auf aktive Fluidaustritte sind möglicherweise recht deutlich in den Messungen der EXPLOS-CTD nachzuvollziehen. Die potentielle Temperatur des tieferen Wasserkörpers zeigt, wie die CTD-Messungen der Multisonde an der Station 7 (siehe Kapitel 5.1.2.1) und auch die Messungen der EXPLOS-CTD beim Hieven und Fieren durch den Wasserkörper allgemein eine geringe Abnahme bei zunehmender Tiefe. Die Werte liegen in Tiefen unterhalb von 3650 m bei weniger als 1.2°C, wobei die 1.1°C-Isotherme zwischen 4400-4500 m liegt. Diese Tiefenabhängigkeit der Temperatur ist in allen EXPLOS-CTD-Aufzeichnungen in dem Arbeitsgebiet EDGE beim Abfahren der Profile recht deutlich zu erkennen. Obwohl die Variationen der potentiellen Temperatur sich im Bereich von hundertstel Grad abspielen, sind Temperaturanomalien deutlich entwickelt. Als Beispiele sollen die Stationen 5 und 6 (Abbildung 5.3.2.5 und 5.3.2.6) dargestellt werden. EXPLOS-Station 5 im Bereich der 2. Deformationsfront zeigt im Tiefenverlauf eine Zweigipfeligkeit (Abbildung 5.3.2.5). Temperaturanomalien treten dort vor allem an der SE-Flanke des kleineren Rückens zwischen B und C und sehr ausgeprägt an beiden Flanken des größeren Rückens D und E auf. Im Bereich

EXPLOS 4

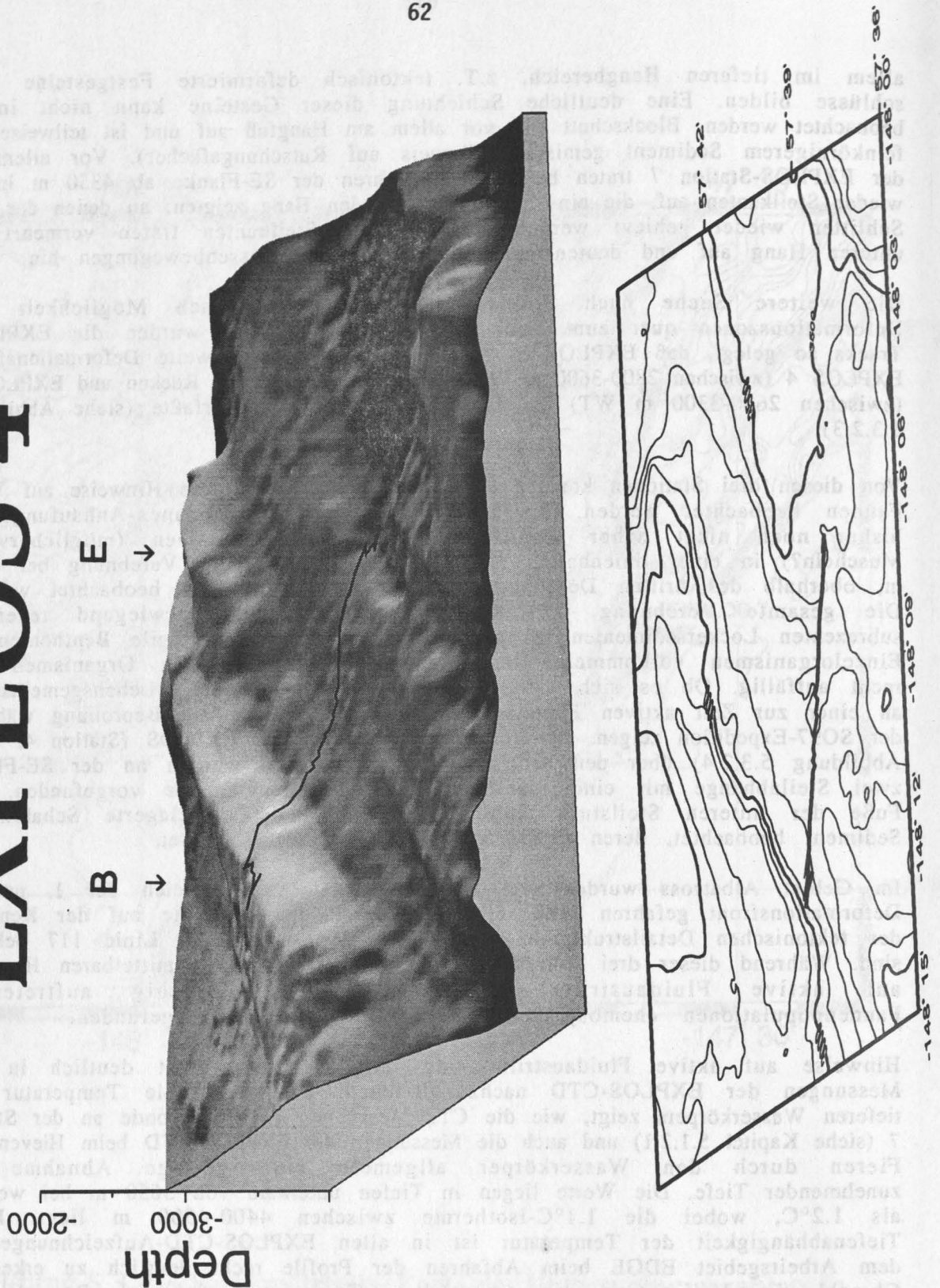


Abbildung 5.3.2.4 Dreidimensionale Darstellung der Bathymetrie des 3. und 4. Deformationsrückens im Bereich der EXPLOS-Stationsarbeiten. Der 4. Rücken tritt morphologisch am deutlichsten hervor, während der südöstlich gelegene 3. Rücken nur in einer Steilstufe zu erkennen ist. Beginn (B) und Ende (E) des EXPLOS-Kursverlaufes am Meeresboden.

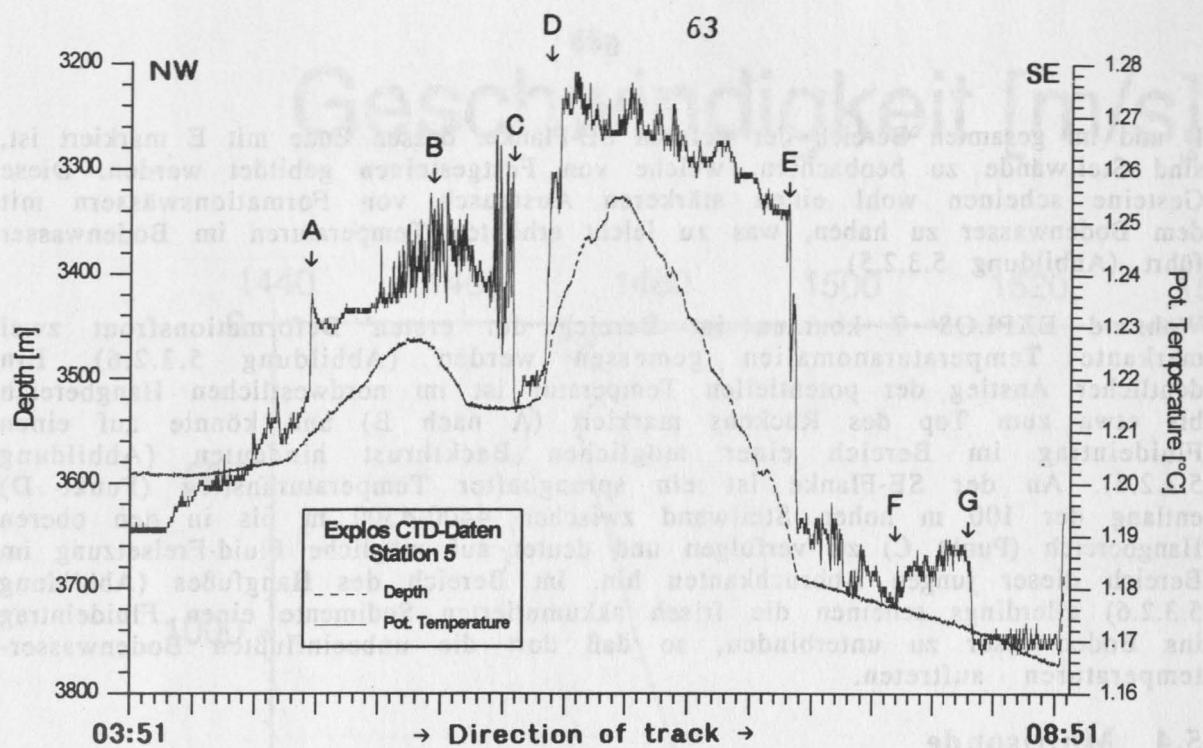


Abbildung 5.3.2.5 Verlauf der Tiefe und der potentiellen Temperatur der SIS-CTD-Daten ermittelt während des EXPLOS-Fahrtverlaufs der Station 5. Die mit Pfeilen markierten Positionen zeigen deutliche Änderungen der Temperatur, die nicht mit der Tiefenveränderung korrelieren.

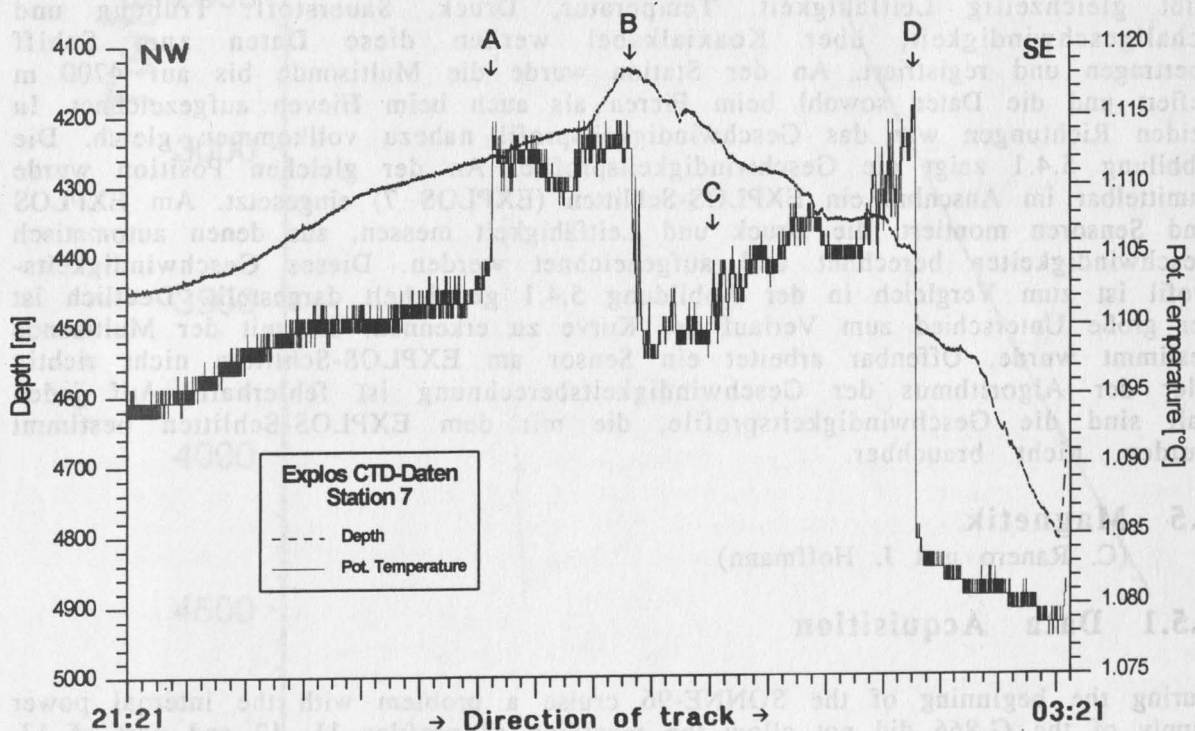


Abbildung 5.3.2.6 Daten der CTD-Aufzeichnung der Station 7. Die mit Pfeilen markierten Positionen zeigen deutliche Änderungen der Temperatur, die nicht mit der Tiefenveränderung korrelieren.

D und im gesamten Bereich der tieferen SE-Flanke, dessen Ende mit E markiert ist, sind Steilwände zu beobachten, welche von Festgesteinen gebildet werden. Diese Gesteine scheinen wohl einen stärkeren Austausch von Formationswässern mit dem Bodenwasser zu haben, was zu leicht erhöhten Temperaturen im Bodenwasser führt (Abbildung 5.3.2.5).

Während EXPLOS 7 konnten im Bereich der ersten Deformationsfront zwei markante Temperaturanomalien gemessen werden (Abbildung 5.3.2.6). Ein deutlicher Anstieg der potentiellen Temperatur ist im nordwestlichen Hangbereich bis etwa zum Top des Rückens markiert (A nach B) und könnte auf einen Fluideintrag im Bereich einer möglichen Backthrust hindeuten (Abbildung 5.3.2.6). An der SE-Flanke ist ein sprunghafter Temperaturanstieg (Punkt D) entlang der 100 m hohen Steilwand zwischen 4400-4500 m bis in den oberen Hangbereich (Punkt C) zu verfolgen und deutet auf mögliche Fluid-Freisetzung im Bereich dieser jungen Abbruchkanten hin. Im Bereich des Hangfußes (Abbildung 5.3.2.6) allerdings scheinen die frisch akkumulierten Sedimente einen Fluideintrag ins Bodenwasser zu unterbinden, so daß dort die unbeeinflussten Bodenwassertemperaturen auftreten.

5.4 Multisonde

(W. Weinrebe)

Die direkte Messung des Wasserschallgeschwindigkeitsprofils kann mit den Sensoren der Multisonde durchgeführt werden. Da die Kenntnis des Geschwindigkeitsprofils für die exakte Tiefenbestimmung mit dem Hydrosweepsystem wichtig ist und zur Überprüfung der automatischen Geschwindigkeitsbestimmung benutzt werden kann, wurde im Meßgebiet EDGE an der Position $57^{\circ} 44.42' N$, $147^{\circ} 41.27' W$ am 11.07.1994 die Multisonde KMS050 der Firma ME Meerestechnik Elektronik GmbH / Hydro Bios eingesetzt. Die Multisonde mißt gleichzeitig Leitfähigkeit, Temperatur, Druck, Sauerstoff, Trübung und Schallgeschwindigkeit, über Koaxialkabel werden diese Daten zum Schiff übertragen und registriert. An der Station wurde die Multisonde bis auf 4700 m gefiert und die Daten sowohl beim Fieren als auch beim Hieven aufgezeichnet. In beiden Richtungen war das Geschwindigkeitsprofil nahezu vollkommen gleich. Die Abbildung 5.4.1 zeigt die Geschwindigkeitsprofile. An der gleichen Position wurde unmittelbar im Anschluß ein EXPLOS-Schlitten (EXPLOS 7) eingesetzt. Am EXPLOS sind Sensoren montiert, die Druck und Leitfähigkeit messen, aus denen automatisch Geschwindigkeiten berechnet und aufgezeichnet werden. Dieses Geschwindigkeitsprofil ist zum Vergleich in der Abbildung 5.4.1 gestrichelt dargestellt. Deutlich ist der große Unterschied zum Verlauf der Kurve zu erkennen, die mit der Multisonde bestimmt wurde. Offenbar arbeitet ein Sensor am EXPLOS-Schlitten nicht richtig oder der Algorithmus der Geschwindigkeitsberechnung ist fehlerhaft. Auf jeden Fall sind die Geschwindigkeitsprofile, die mit dem EXPLOS-Schlitten bestimmt wurden, nicht brauchbar.

5.5 Magnetik

(C. Ranero und J. Hoffmann)

5.5.1 Data Acquisition

During the beginning of the SONNE-96 cruise a problem with the internal power supply of the G-866 did not allow the recording of profiles 11, 12 and part of 13.

Geschwindigkeit [m/s]

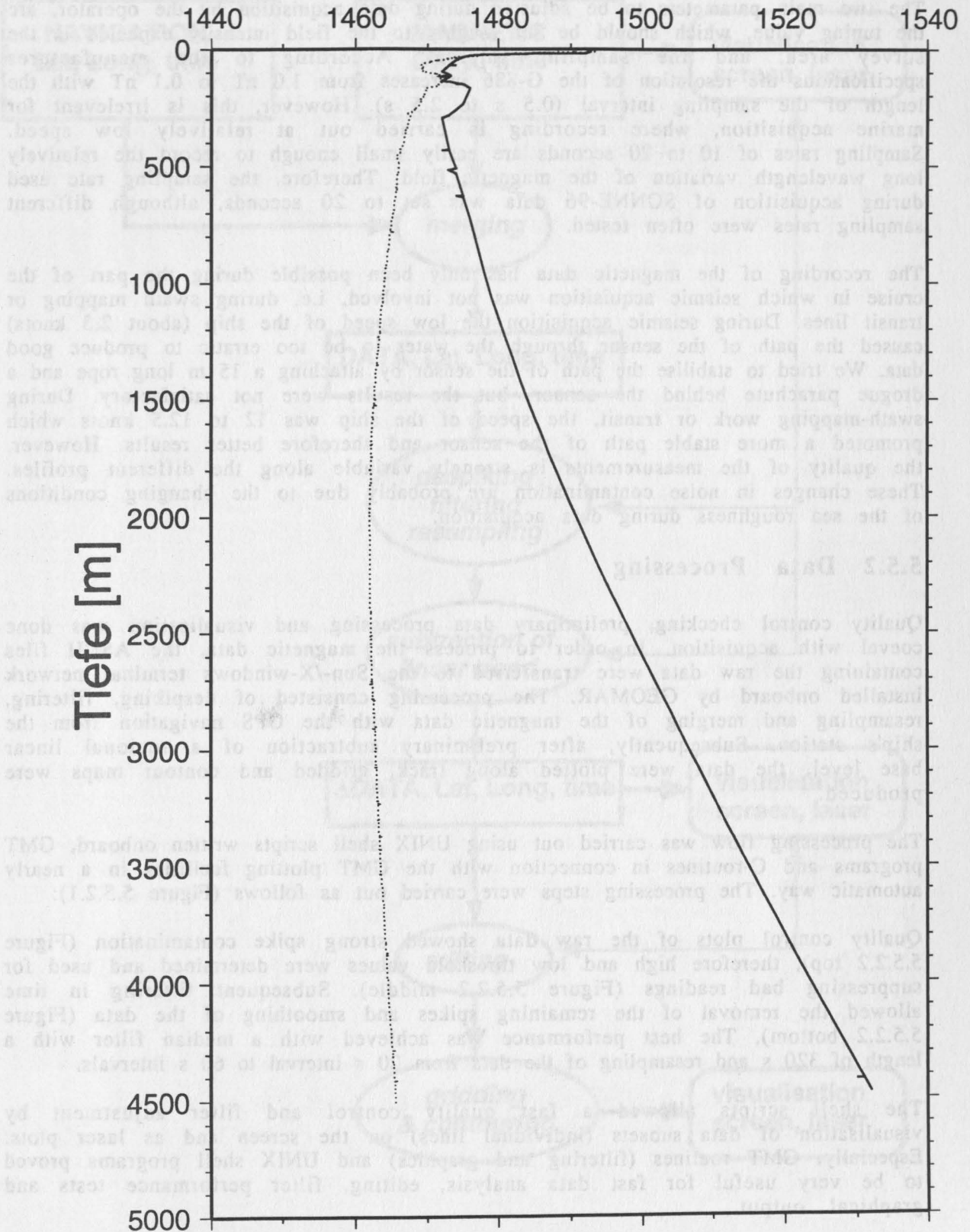


Abbildung 5.4.1

Wasserschallgeschwindigkeitsprofile nach Messung der Multisonde KMS050 an der Station 7 (durchgezogene Linie) sowie nach Berechnung der EXPLOS-CTD (gestrichelt).

Once the problem was detected, it could readily be solved by connecting an external power supply to the recording unit.

The two main parameters to be adjusted during data acquisition by the operator, are the tuning value, which should be set roughly to the field intensity expected in the survey area, and the sampling interval. According to the manufactures specifications the resolution of the G-886 increases from 1.0 nT to 0.1 nT with the length of the sampling interval (0.5 s to 2.5 s). However, this is irrelevant for marine acquisition, where recording is carried out at relatively low speed. Sampling rates of 10 to 20 seconds are easily small enough to record the relatively long wavelength variation of the magnetic field. Therefore, the sampling rate used during acquisition of SONNE-96 data was set to 20 seconds, although different sampling rates were often tested.

The recording of the magnetic data has only been possible during the part of the cruise in which seismic acquisition was not involved, i.e. during swath mapping or transit lines. During seismic acquisition the low speed of the ship (about 2.5 knots) caused the path of the sensor through the water to be too erratic to produce good data. We tried to stabilise the path of the sensor by attaching a 15 m long rope and a drogue parachute behind the sensor, but the results were not satisfactory. During swath-mapping work or transit, the speed of the ship was 12 to 12.5 knots which promoted a more stable path of the sensor and therefore better results. However, the quality of the measurements is strongly variable along the different profiles. These changes in noise contamination are probably due to the changing conditions of the sea roughness during data acquisition.

5.5.2 Data Processing

Quality control checking, preliminary data processing and visualisation was done coeval with acquisition. In order to process the magnetic data, the ASCII files containing the raw data were transferred to the Sun/X-windows terminal network installed onboard by GEOMAR. The processing consisted of despiking, filtering, resampling and merging of the magnetic data with the GPS navigation from the ship's station. Subsequently, after preliminary subtraction of a regional linear base level, the data were plotted along track, gridded and contour maps were produced.

The processing flow was carried out using UNIX shell scripts written onboard, GMT programs and C-routines in connection with the GMT plotting facilities in a nearly automatic way. The processing steps were carried out as follows (Figure 5.5.2.1):

Quality control plots of the raw data showed strong spike contamination (Figure 5.5.2.2 top), therefore high and low threshold values were determined and used for suppressing bad readings (Figure 5.5.2.2 middle). Subsequent filtering in time allowed the removal of the remaining spikes and smoothing of the data (Figure 5.5.2.2 bottom). The best performance was achieved with a median filter with a length of 320 s and resampling of the data from 20 s interval to 60 s intervals.

The shell scripts allowed a fast quality control and filter adjustment by visualisation of data subsets (individual lines) on the screen and as laser plots. Especially, GMT routines (filtering and graphics) and UNIX shell programs proved to be very useful for fast data analysis, editing, filter performance tests and graphical output.

PROCESSING FLOW CHART

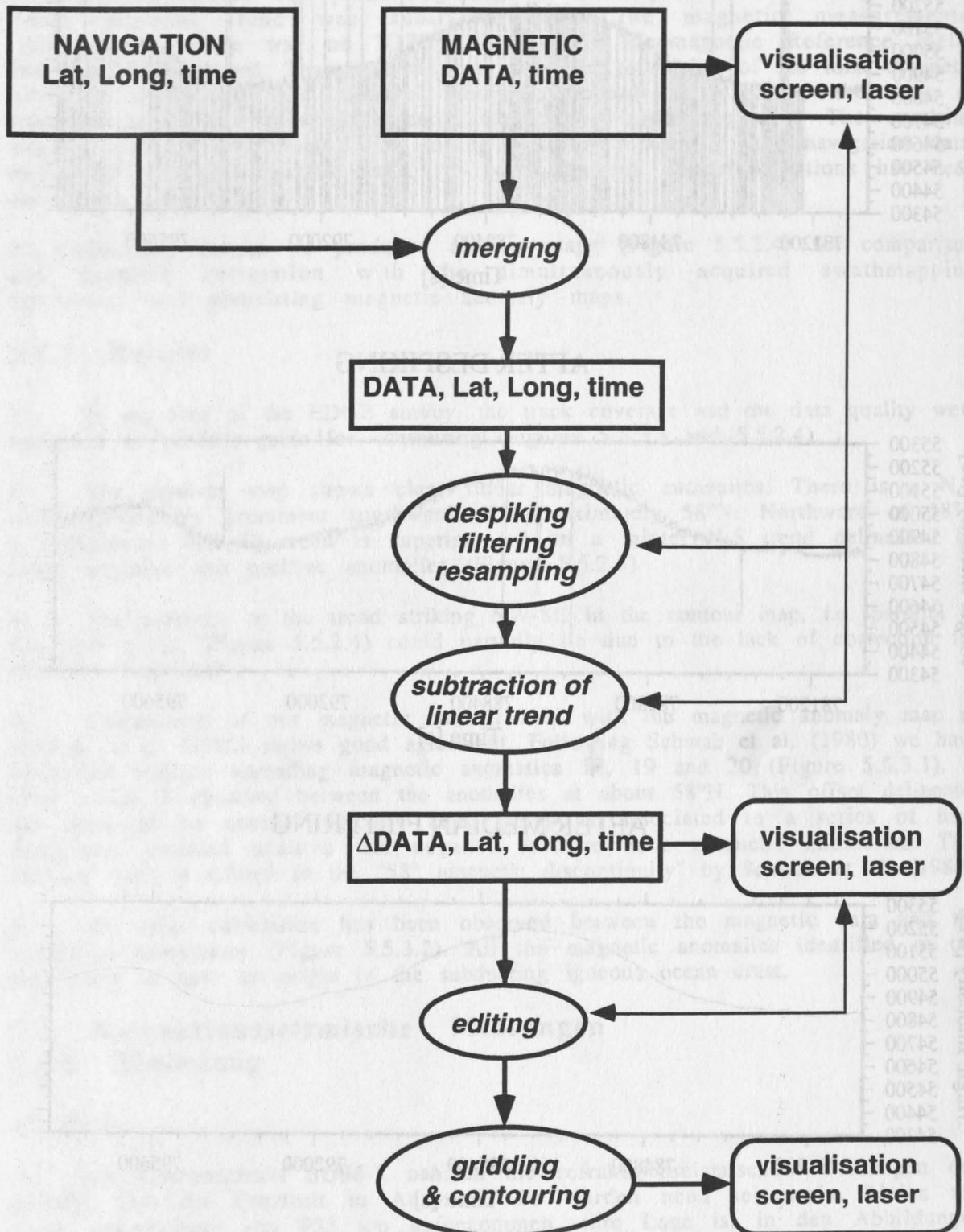
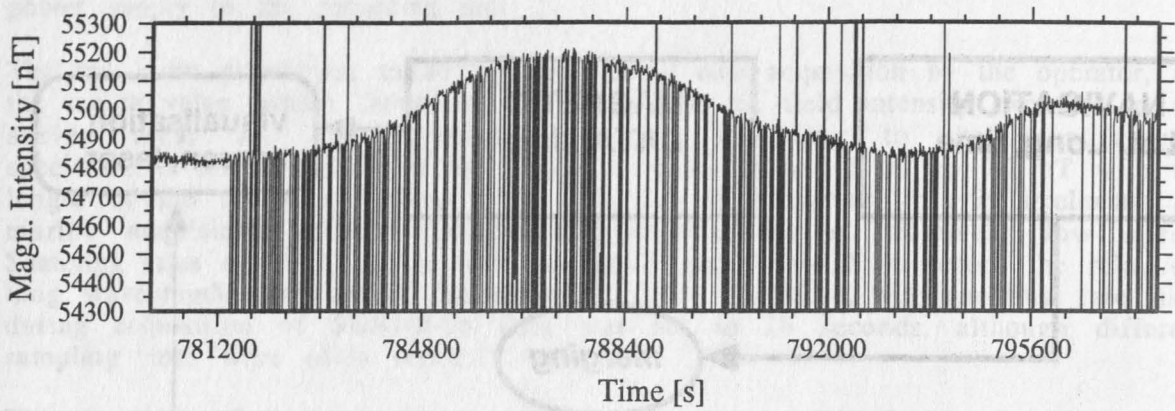


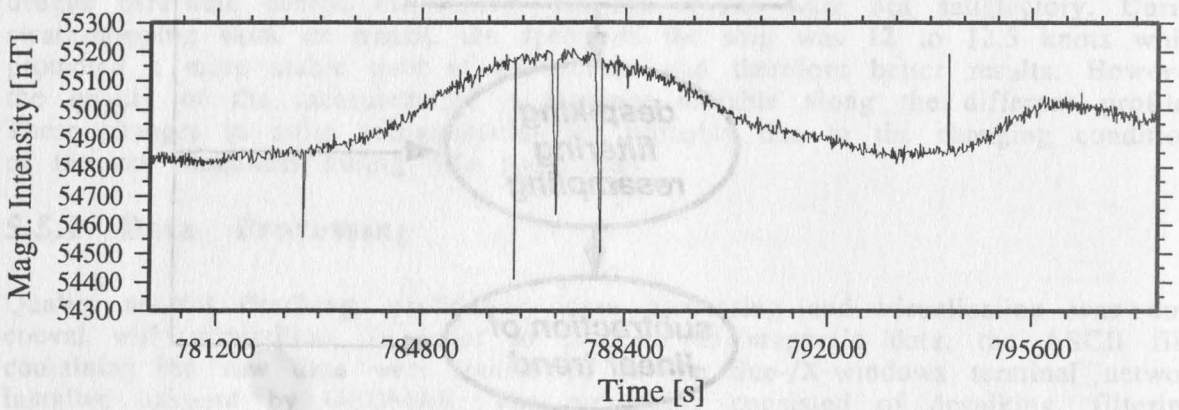
Figure 5.5.2.1

Flow chart for magnetic data processing.

RAW DATA



AFTER DESPIKING



AFTER MEDIAN FILTERING

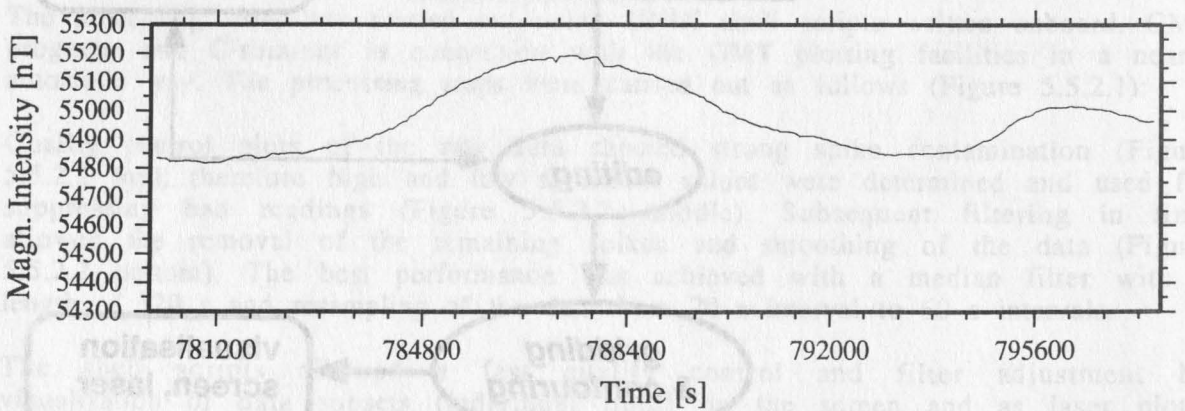


Figure 5.5.2.2 Example of data quality and illustration of individual processing steps. **Top:** raw field data, **middle:** raw data after despiking, **bottom:** raw data after despiking and median filtering.

After various tests, a C program was used for merging navigation and magnetic data using a smoothed navigation data set (data values every 10 s after median filtering). Then, the whole data set could be shown as wiggle lines along track (Figure 5.5.2.3) for direct comparison with preexisting magnetic anomaly maps. For this purpose, a linear regional trend was subtracted from the magnetic measurements. Unfortunately, there was no IGRF (International Geomagnetic Reference Field) data available onboard. Therefore, we subtracted an estimation of the total magnetic reference field from the magnetic intensity records to visualise the data as magnetic anomalies in a more convenient and interpretable way. The resulting maps provided further control for editing and improvement of the navigation data, which still contained erratic data. No correction for diurnal variations has been carried out so far.

As preliminary results we produced contour maps (Figure 5.5.2.4) for comparison and possible correlation with the simultaneously acquired swathmapping bathymetry and preexisting magnetic anomaly maps.

5.5.3 Results

1) In the area of the EDGE survey, the track coverage and the data quality were sufficient to produce grids for contouring (Figures 5.5.2.3 and 5.5.2.4).

2) The contour map shows clear linear magnetic anomalies. There is a N-S trend, particularly prominent southward of approximately 58°N. Northward of 58°N a conspicuous NW-SE trend is superimposed on a fainter N-S trend delineated by broad negative and positive anomalies (Figure 5.5.2.5)

3) The presence of the trend striking NW-SE in the contour map, i.e. parallel to the track lines, (Figure 5.5.2.4) could partially be due to the lack of correction for diurnal variations.

4) Comparison of our magnetic contour map with the magnetic anomaly map of Schwab et al. (1980) shows good agreement. Following Schwab et al. (1980) we have identified seafloor spreading magnetic anomalies 18, 19 and 20 (Figure 5.5.3.1). A clear offset is observed between the anomalies at about 58°N. This offset delineates the trace of an oceanic fracture zone which is associated to a series of high amplitude, rounded positive and negative fracture zone magnetic anomalies. This fracture zone is referred as the "58° magnetic discontinuity" by Schwab et al. (1980).

5) No clear correlation has been observed between the magnetic data and the swathmap bathymetry (Figure 5.5.3.2). All the magnetic anomalies identified in our data seem to have an origin in the subducting igneous ocean crust.

5.6 Refraktionsseismische Messungen

5.6.1 Einleitung

(E. Flüh)

Auf dem Fahrabschnitt SO96-2 nahmen die refraktionsseismischen Messungen den größten Teil der Fahrtzeit in Anspruch. Es wurden neun seismische Linien mit einer Gesamtlänge von 925 km aufgenommen, ihre Lage ist in den Abbildungen 5.6.1.1 bis 5.6.1.3 zusammen mit bereits vorliegenden Reflexionsprofilen gezeigt. Dabei wurden insgesamt 62 OBS-Positionen belegt und fast 11.000 Schüsse abgefeuert. Von allen erfolgreichen Registrierungen wurden Seismogrammontagen erstellt

Along Track Magnetic Anomalies

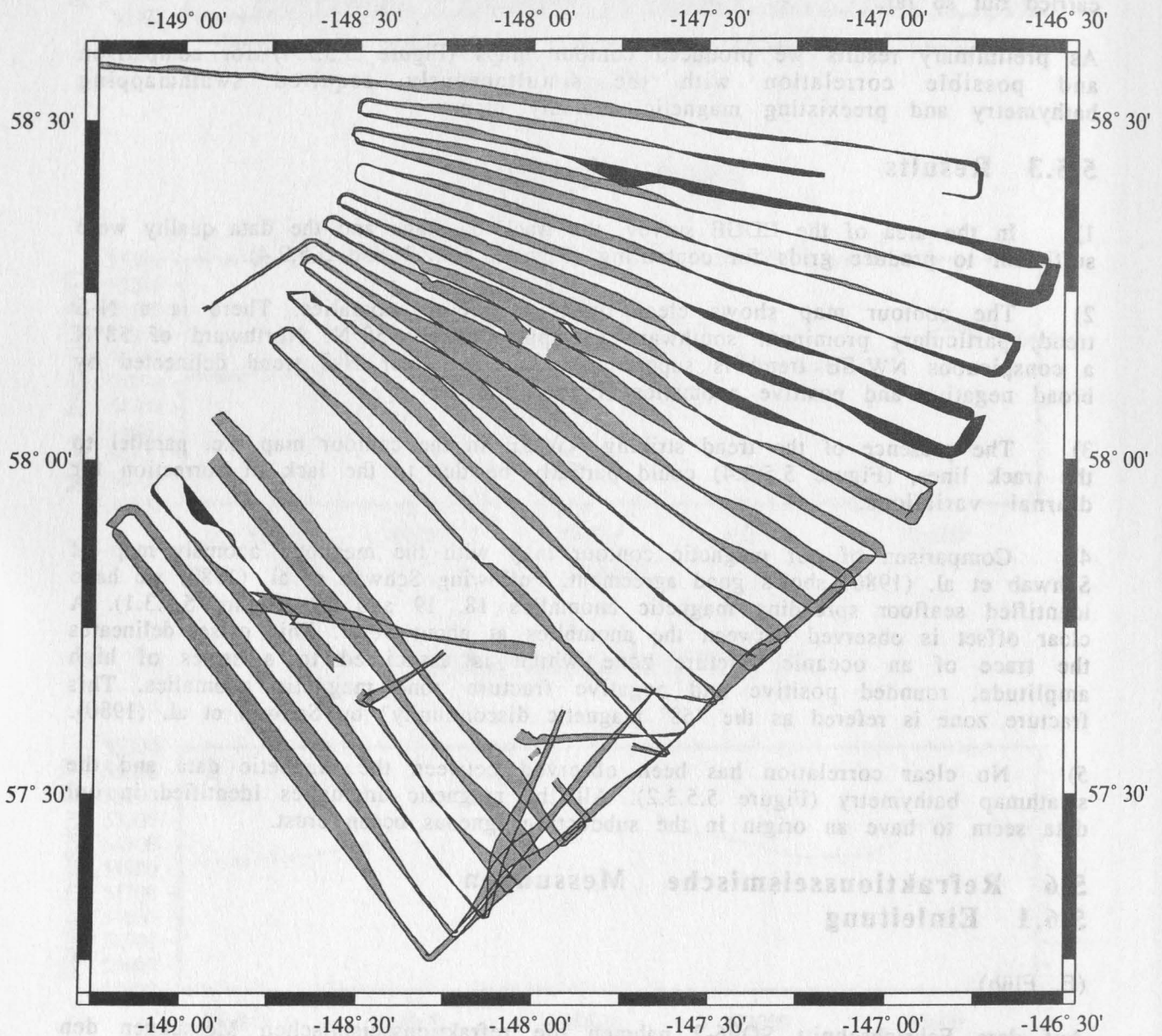


Figure 5.5.2.3 Track chart of magnetic anomalies along track.

Note: navigation errors near 58°12'/-148°00'; inconsistent data values with respect to adjacent lines near 57°55'/-149°00' and 58°25'/-147°45'. Further editing needed!

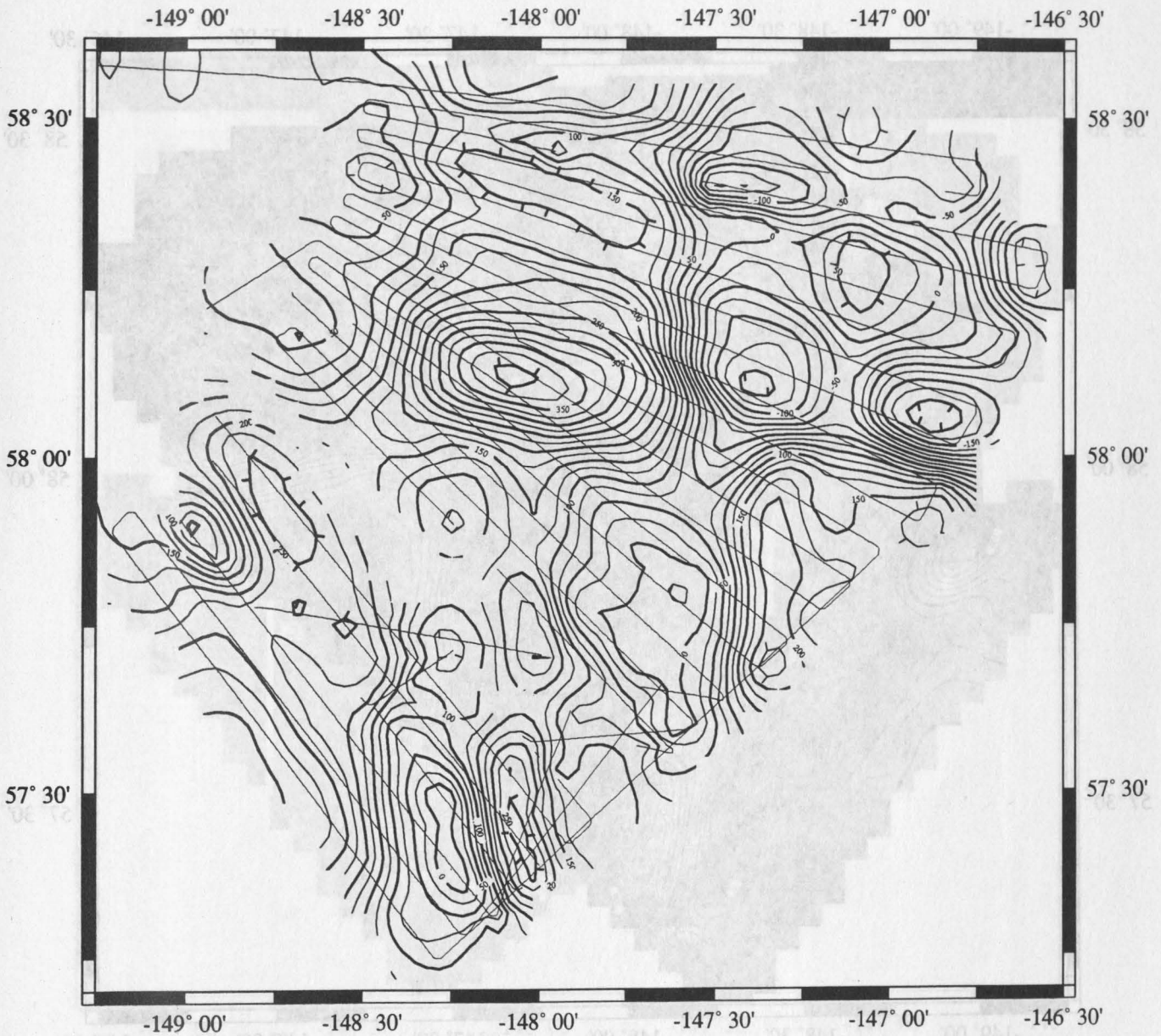


Figure 5.5.2.4 Contour map of magnetic anomalies and track coverage (thin lines) after further editing (See previous figure!).

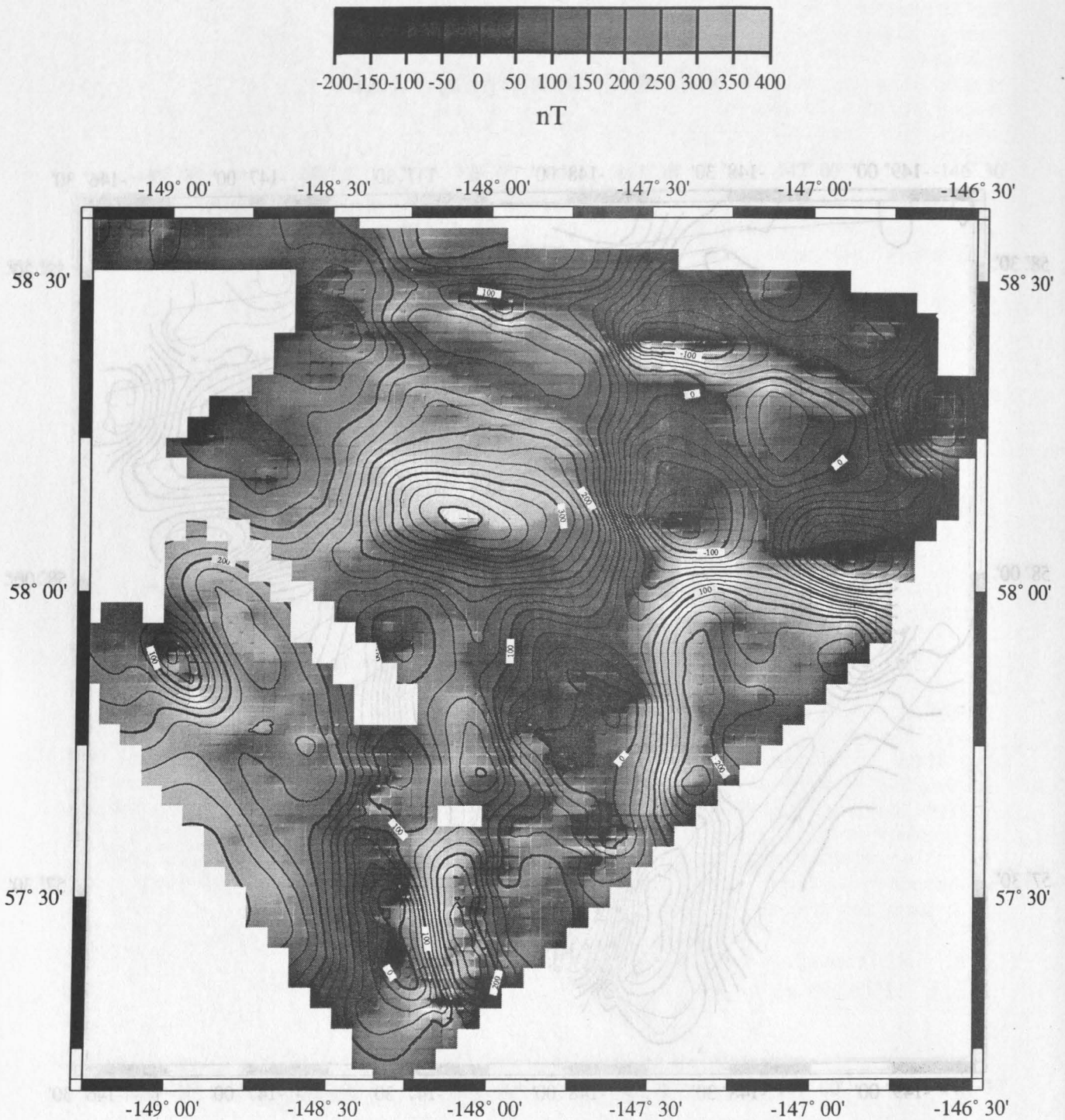


Figure 5.5.2.5 Shaded relief map of magnetic anomalies with contours. Artificial illumination from NW.

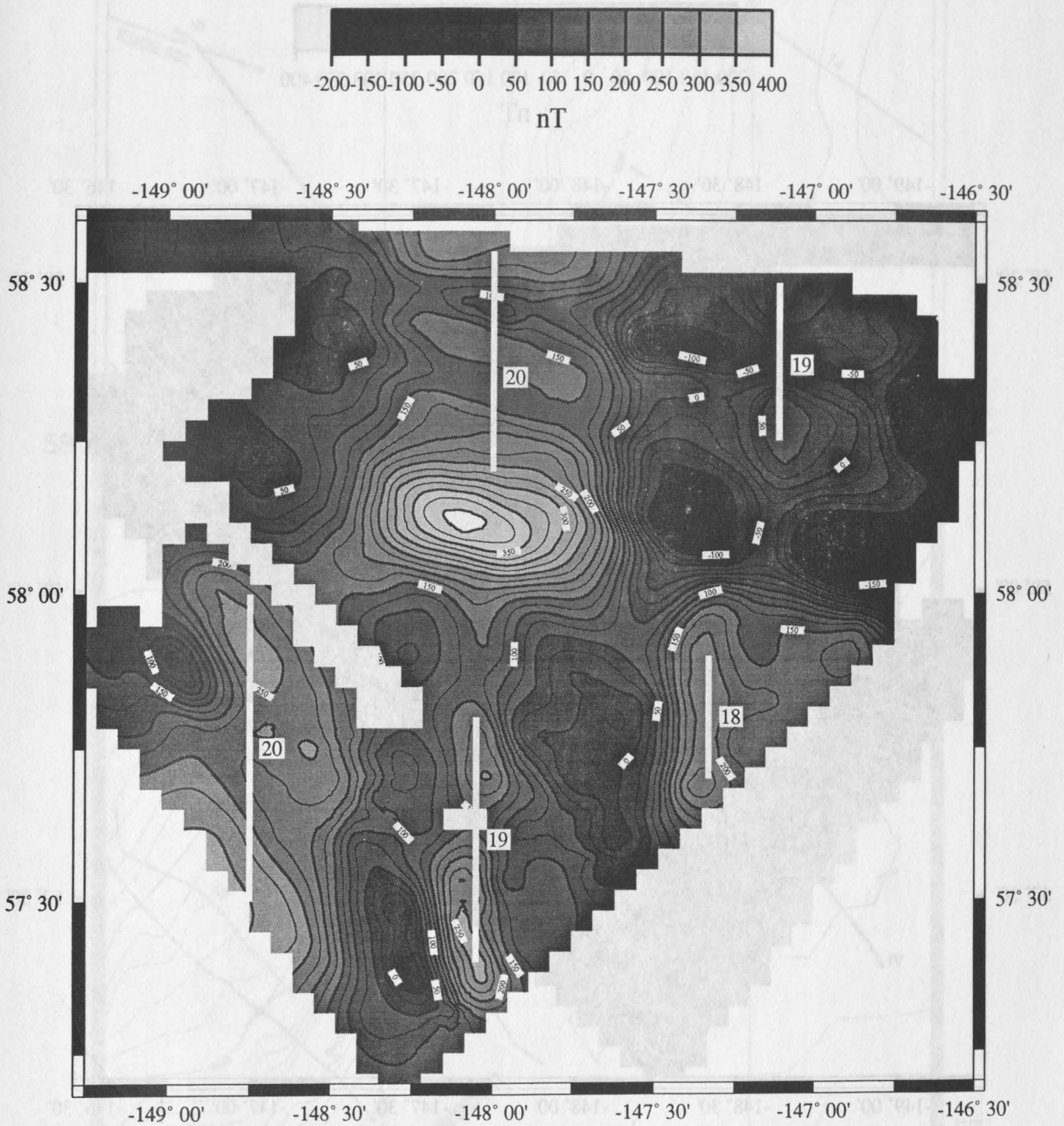


Figure 5.5.3.1 Gray scale and contour map of magnetic anomalies after editing. Seafloor spreading magnetic anomalies 18, 19 and 20 are shown (after Schwab et al., 1980).

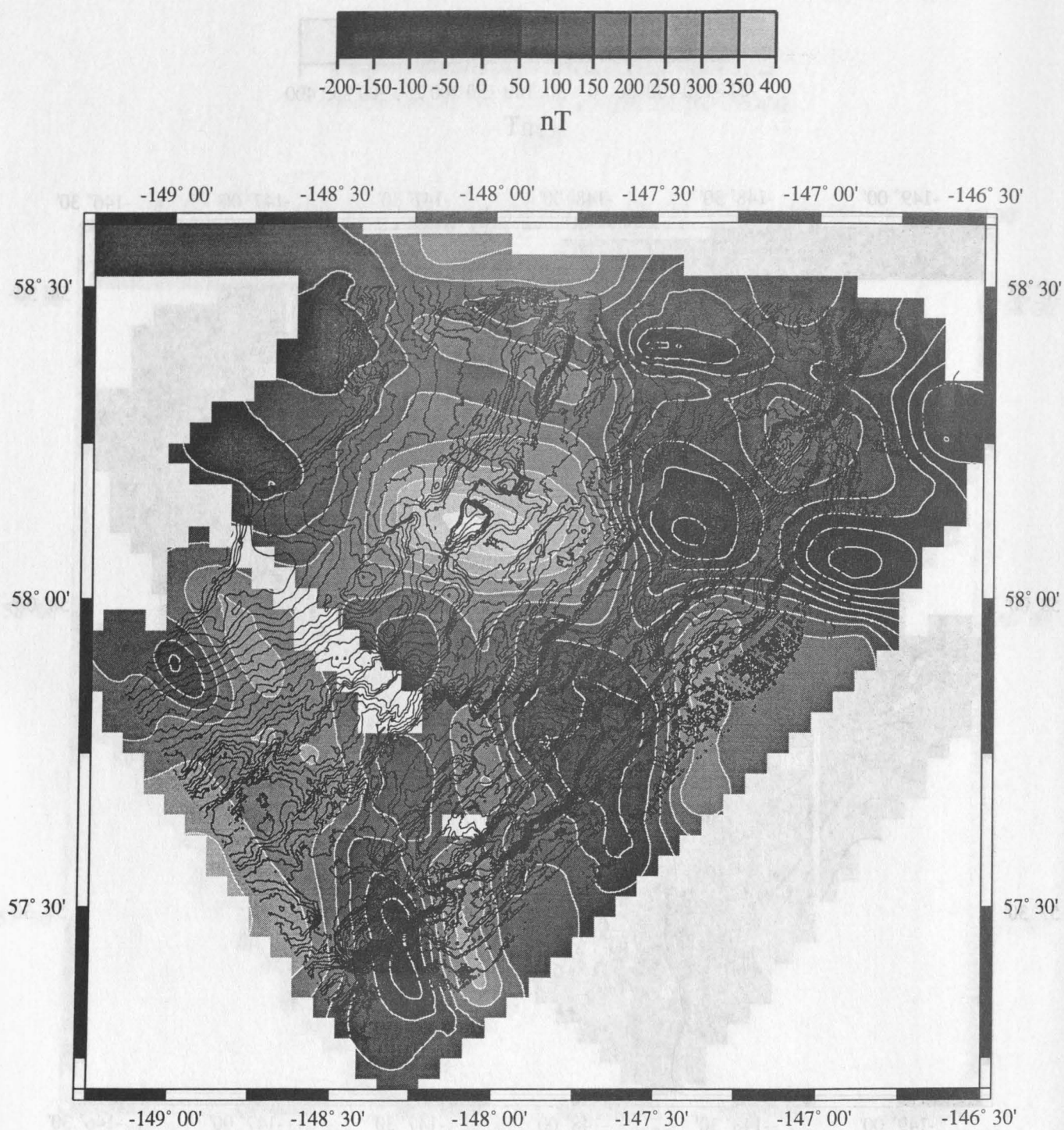


Figure 5.5.3.2 Swath map bathymetry collected during SO-96 plotted over gray scale map of magnetic anomalies.

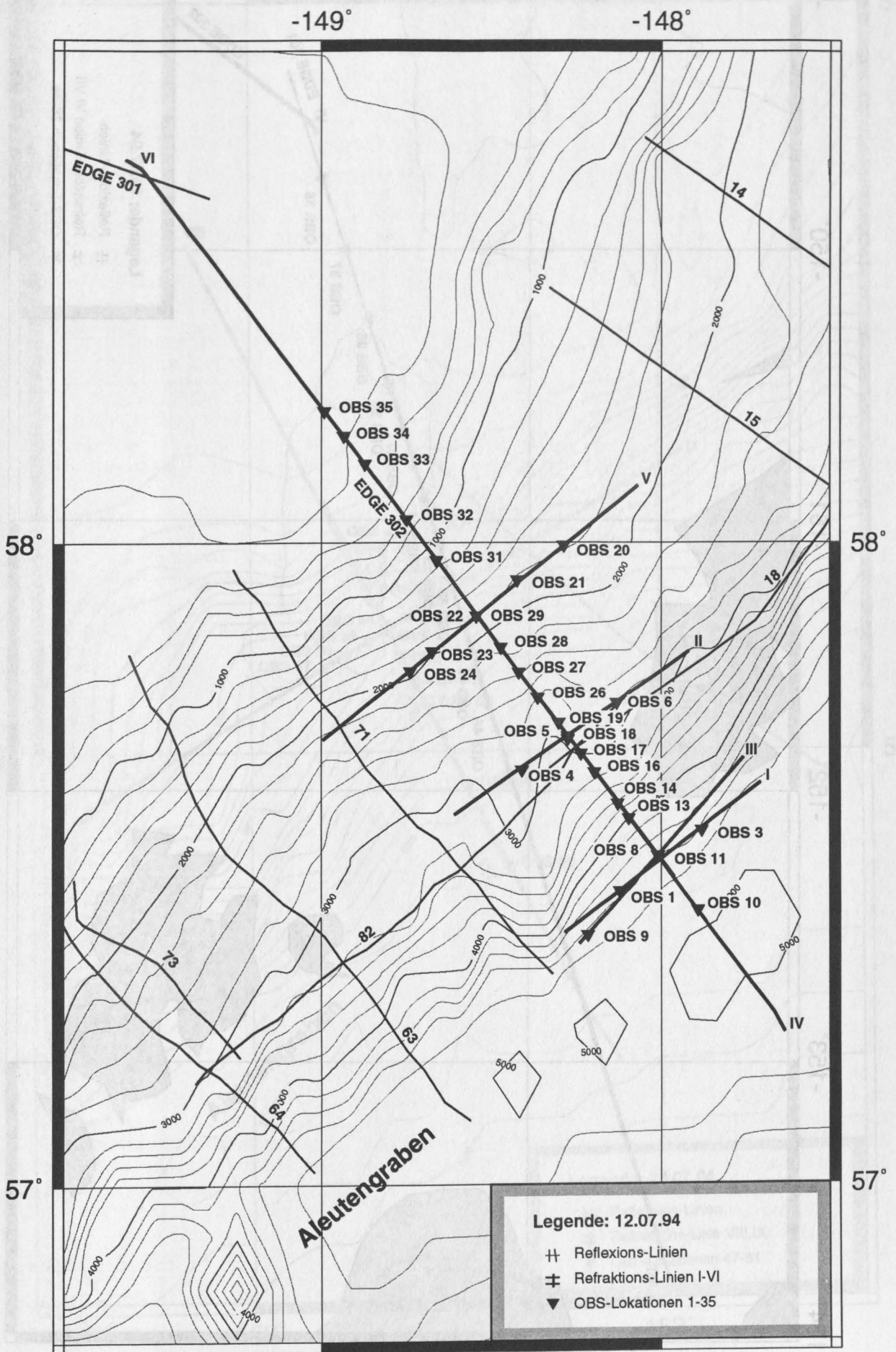


Abbildung 5.6.1.1 Lageplan der Profile 1 bis 6 und der erfolgreich besetzten OBS-Positionen.

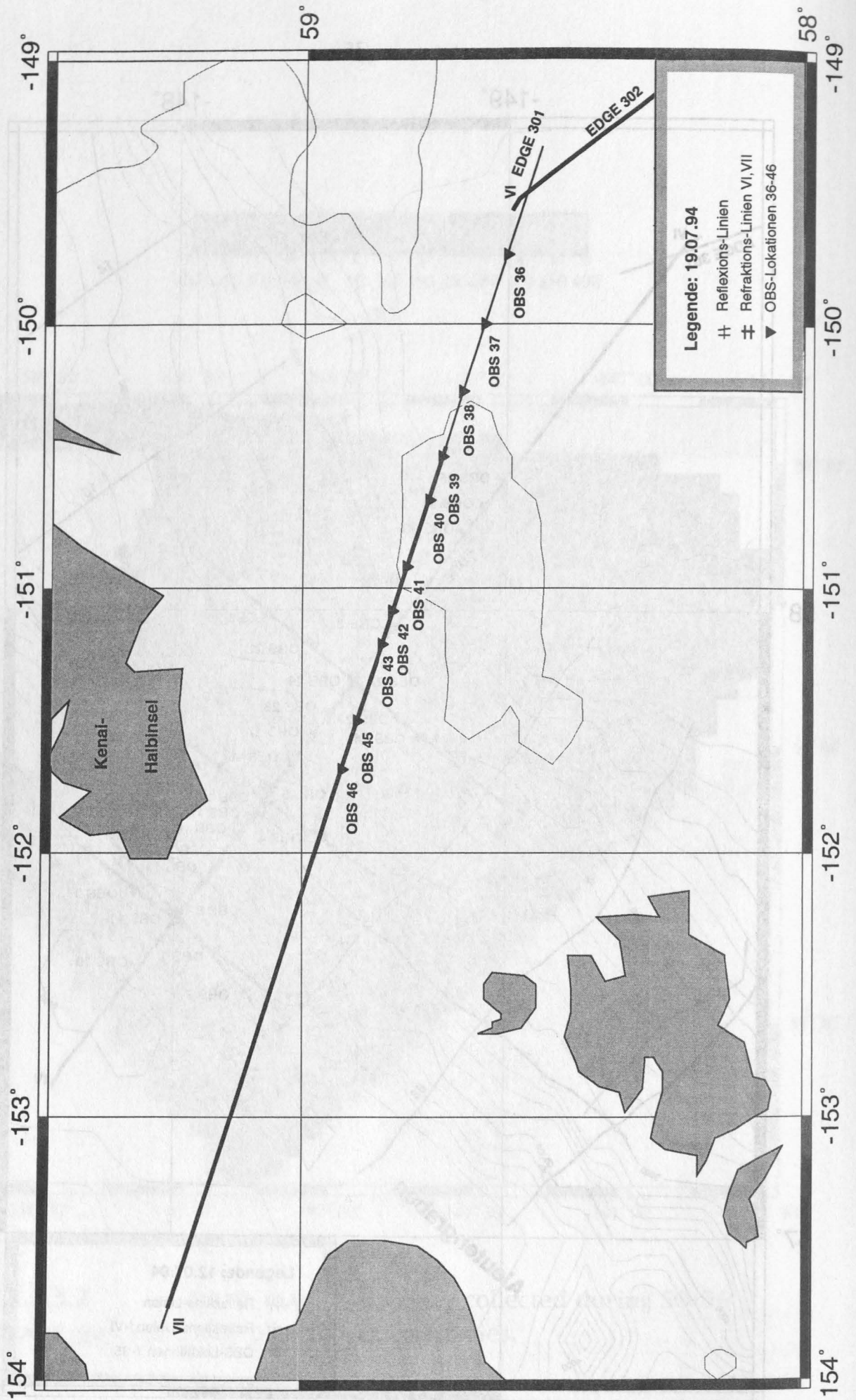


Abbildung 5.6.1.2 Lageplan des Profils 7 und der erfolgreich besetzten OBS-Positionen.

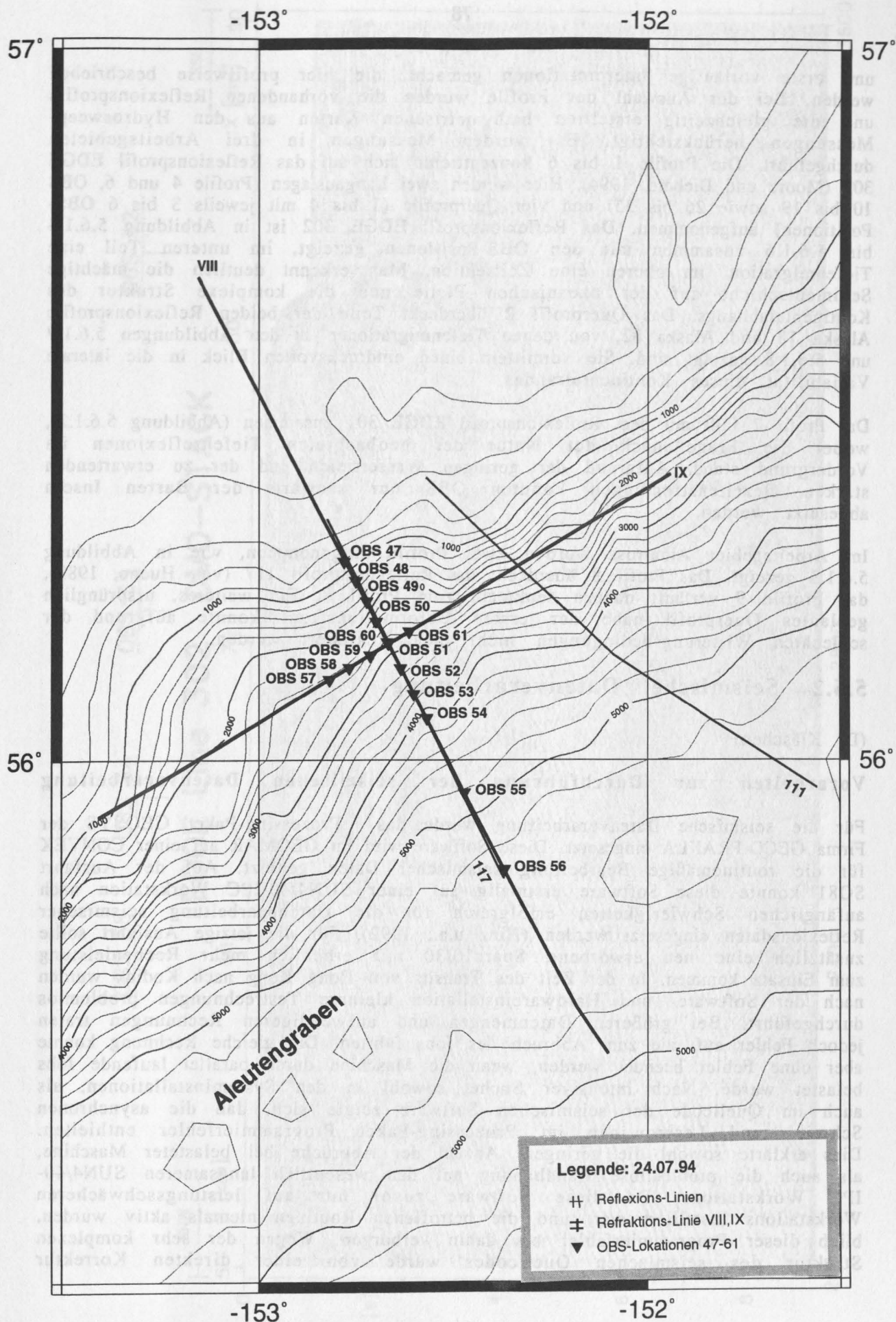


Abbildung 5.6.1.3 Lageplan des Profile 8 und 9 sowie der erfolgreich besetzten OBS-Positionen.

und erste vorläufige Interpretationen gemacht, die hier profilweise beschrieben werden. Bei der Auswahl der Profile wurden die vorhandenen Reflexionsprofile und die gleichzeitig erstellten bathymetrischen Karten aus den Hydrosweep-Messungen berücksichtigt. Es wurden Messungen in drei Arbeitsgebieten durchgeführt. Die Profile 1 bis 6 konzentrieren sich auf das Reflexionsprofil EDGE 302 (Moore und Diebold, 1994). Hier wurden zwei Längsauslagen (Profile 4 und 6, OBS 10 bis 19 sowie 26 bis 35) und vier Querprofile (1 bis 4 mit jeweils 3 bis 6 OBS-Positionen) aufgenommen. Das Reflexionsprofil EDGE 302 ist in Abbildung 5.6.1.4 bis 5.6.1.6 zusammen mit den OBS-Positionen gezeigt, im unteren Teil eine Tiefenmigration, im oberen eine Zeitsektion. Man erkennt deutlich die mächtige Sedimentschicht auf der ozeanischen Platte und die komplexe Struktur des Kontinentalabhangs. Das Querprofil 2 überdeckt Teile der beiden Reflexionsprofile Alaska 18 und Alaska 82, von denen Tiefenmigrationen in den Abbildungen 5.6.1.7 und 5.6.1.8 gezeigt sind. Sie vermitteln einen eindrucksvollen Blick in die laterale Variabilität dieses Kontinentalrandes.

Das Profil 7 fällt mit dem Reflexionsprofil EDGE 301 zusammen (Abbildung 5.6.1.2), wobei die Frage nach der Natur der beobachteten Tiefenreflexionen im Vordergrund stand. Aufgrund der geringen Wassertiefen und der zu erwartenden starken Gezeitenströmungen konnten OBS nur seewärts der Barren Inseln abgesetzt werden.

Im Arbeitsgebiet Albatross wurden zwei Profile aufgenommen, wie in Abbildung 5.6.1.3 gezeigt. Das Profil 8 überdeckt das Reflexionsprofil 117 (von Huene, 1989), das Profil 9 verläuft nahezu senkrecht zum Profil 8. Ein weiteres, ursprünglich geplantes Querprofil nahe der ersten Deformationsfront konnte aufgrund der schlechten Witterungsbedingungen nicht mehr realisiert werden.

5.6.2 Seismische Datenverarbeitung

(D. Kläschen)

Vorarbeiten zur Durchführung der seismischen Datenverarbeitung

Für die seismische Datenverarbeitung wurde das Prozessing-Paket GEOSYS der Firma GECO-PRAKLA eingesetzt. Diese Software wird im GEOMAR auf einer CONVEX für die routinemäßige Bearbeitung seismischer Daten genutzt. Auf der Ausfahrt SO81 konnte diese Software erstmalig auf einer SUN4/40-IPC Workstation nach anfänglichen Schwierigkeiten erfolgreich für die Datenbearbeitung seismischer Reflexionsdaten eingesetzt werden (Hinz u.a., 1992). Für die jetzige Ausfahrt sollte zusätzlich eine neu erworbene Sparc10/30 mit erheblich mehr Rechenleistung zum Einsatz kommen. In der Zeit des Transits von Hong Kong nach Kodiak wurden nach der Software- und Hardwareinstallation kleinere Testrechnungen problemlos durchgeführt. Bei größeren Datenmengen und aufwendigeren Rechnungen traten jedoch Fehler auf, die zum Abbruch des Jobs führten. Die gleiche Rechnung konnte aber ohne Fehler beendet werden, wenn die Maschine durch parallel laufende Jobs belastet wurde. Nach intensiver Suche, sowohl in den Systeminstallationen, als auch im Quellcode der seismischen Software zeigte sich, daß die asynchronen Schreib- und Leseroutinen im Prozessing-Paket Programmierfehler enthielten. Dies erklärte sowohl die geringere Anzahl der Abbrüche bei belasteter Maschine, als auch die problemlose Handhabung auf den wesentlich langsameren SUN4/40-IPC Workstations. Da diese Software zuvor nur auf leistungsschwächeren Workstations installiert war, und die betroffenen Routinen niemals aktiv wurden, blieb dieser Programmierfehler bis dahin verborgen. Wegen der sehr komplexen Struktur des seismischen Quellcodes wurde von einer direkten Korrektur

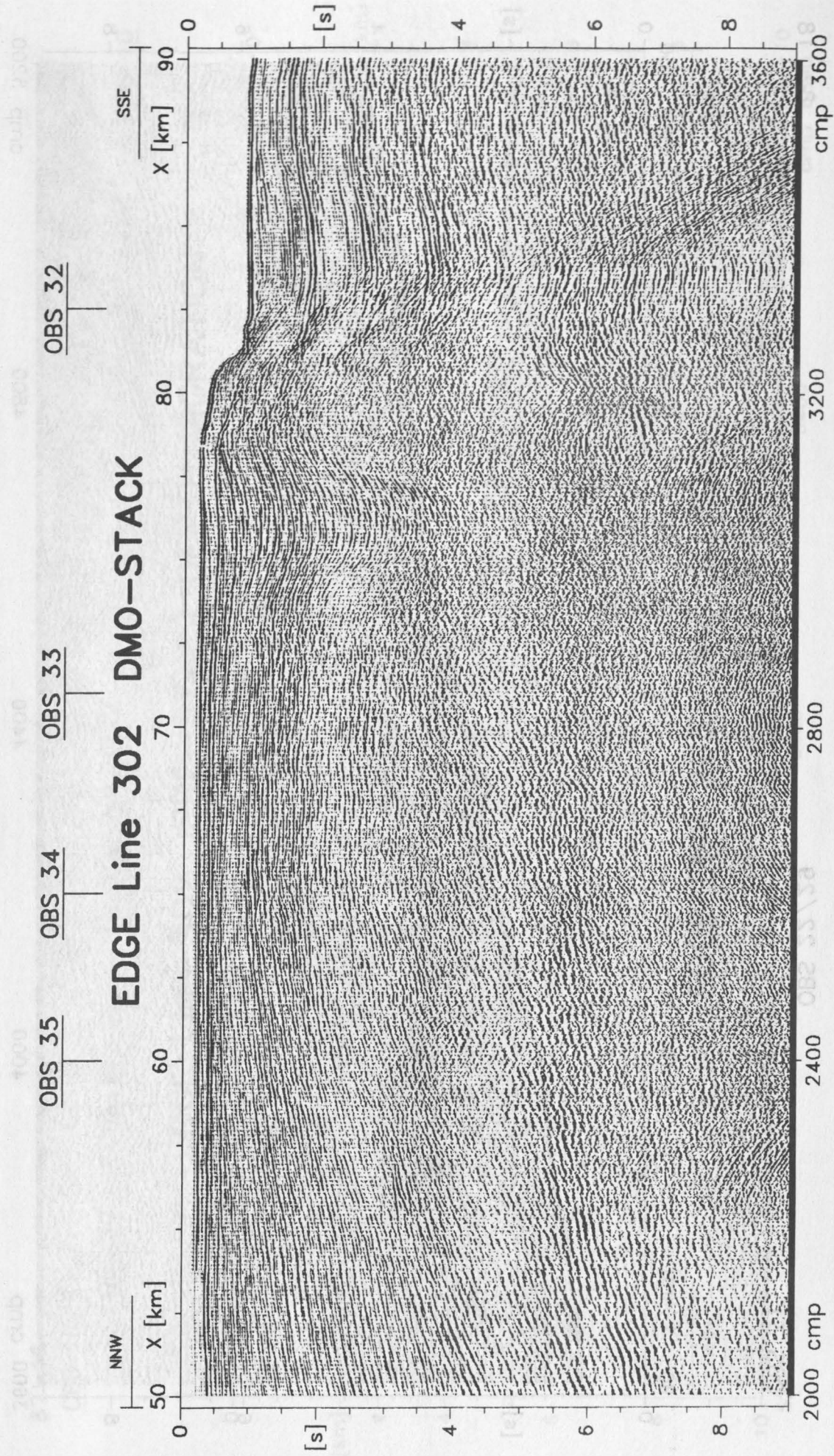


Abbildung 5.6.1.4 Reflexionsseismisches Profil EDGE 302, CMP's 2000 - 3600. Die OBS-Positionen des Profils 6 sind markiert.

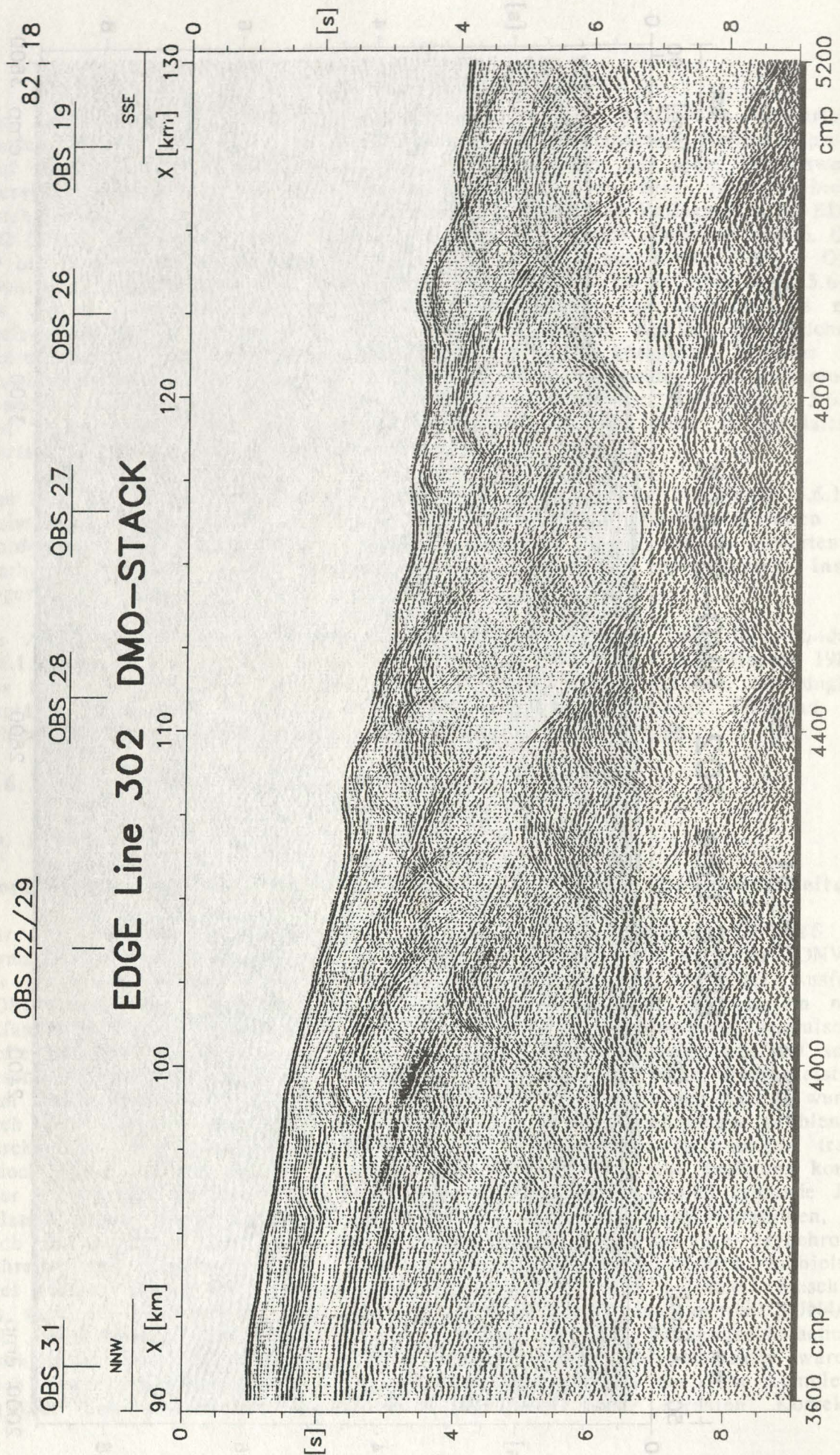


Abbildung 5.6.1.5 Reflexionsseismisches Profil EDGE 302, CMP's 3600 - 5200. Die OBS-Positionen der Profile 4, 5 und 6 sowie der Kreuzungspunkt mit den Reflexionsprofilen 18 und 82 sind markiert.

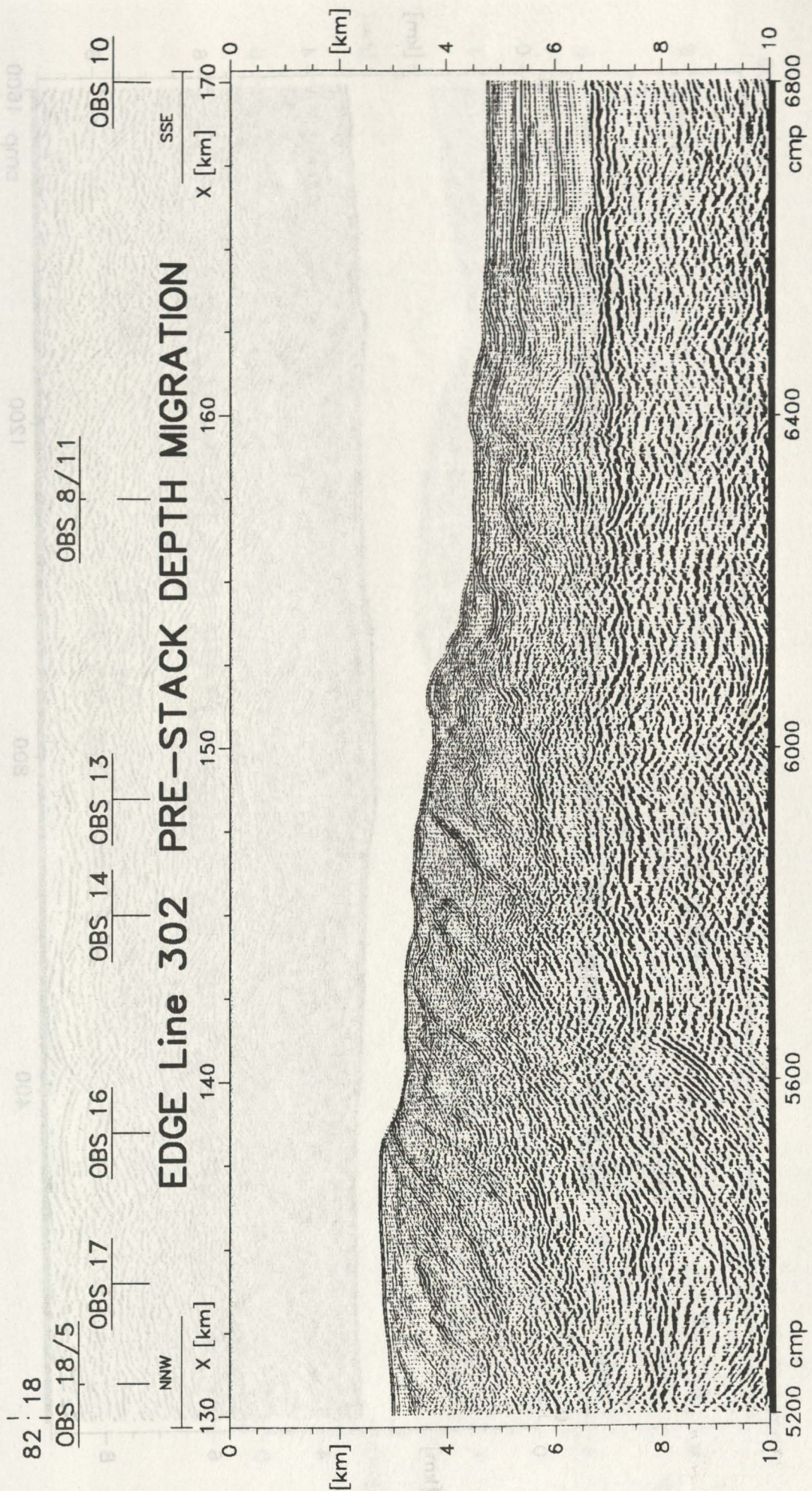


Abbildung 5.6.1.6 Reflexionsseismisches Profil EDGE 302, CMP's 5200 - 6800. Die OBS-Positionen der Profile 4 und 5 sowie der Kreuzungspunkt mit den Reflexionsprofilen 18 und 82 sind markiert.

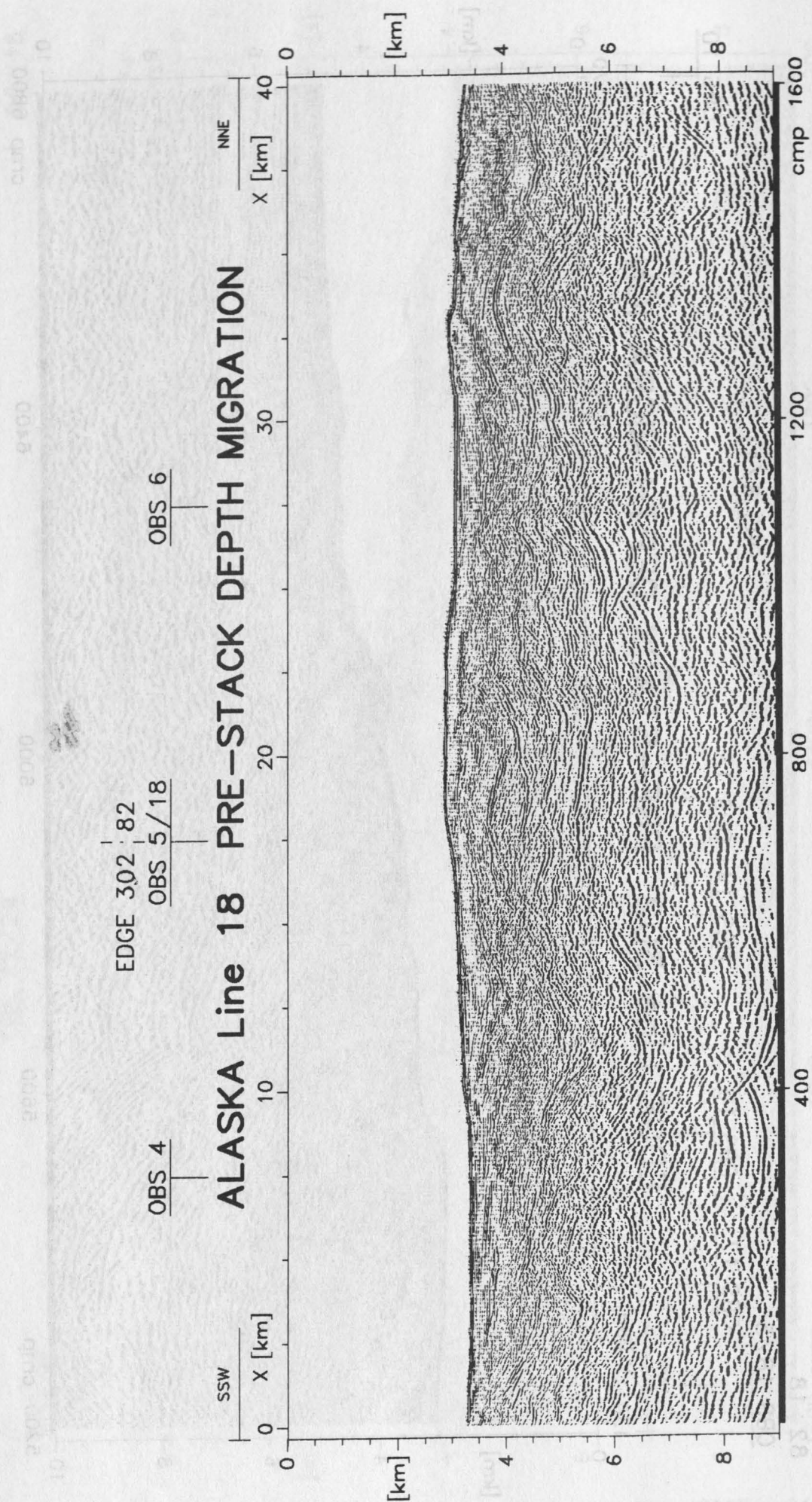


Abbildung 5.6.1.7 Reflexionsseismisches Profil Alaska 18. Die OBS-Positionen des Profils 2 sowie der Kreuzungspunkt mit den EDGE Profil sind markiert.

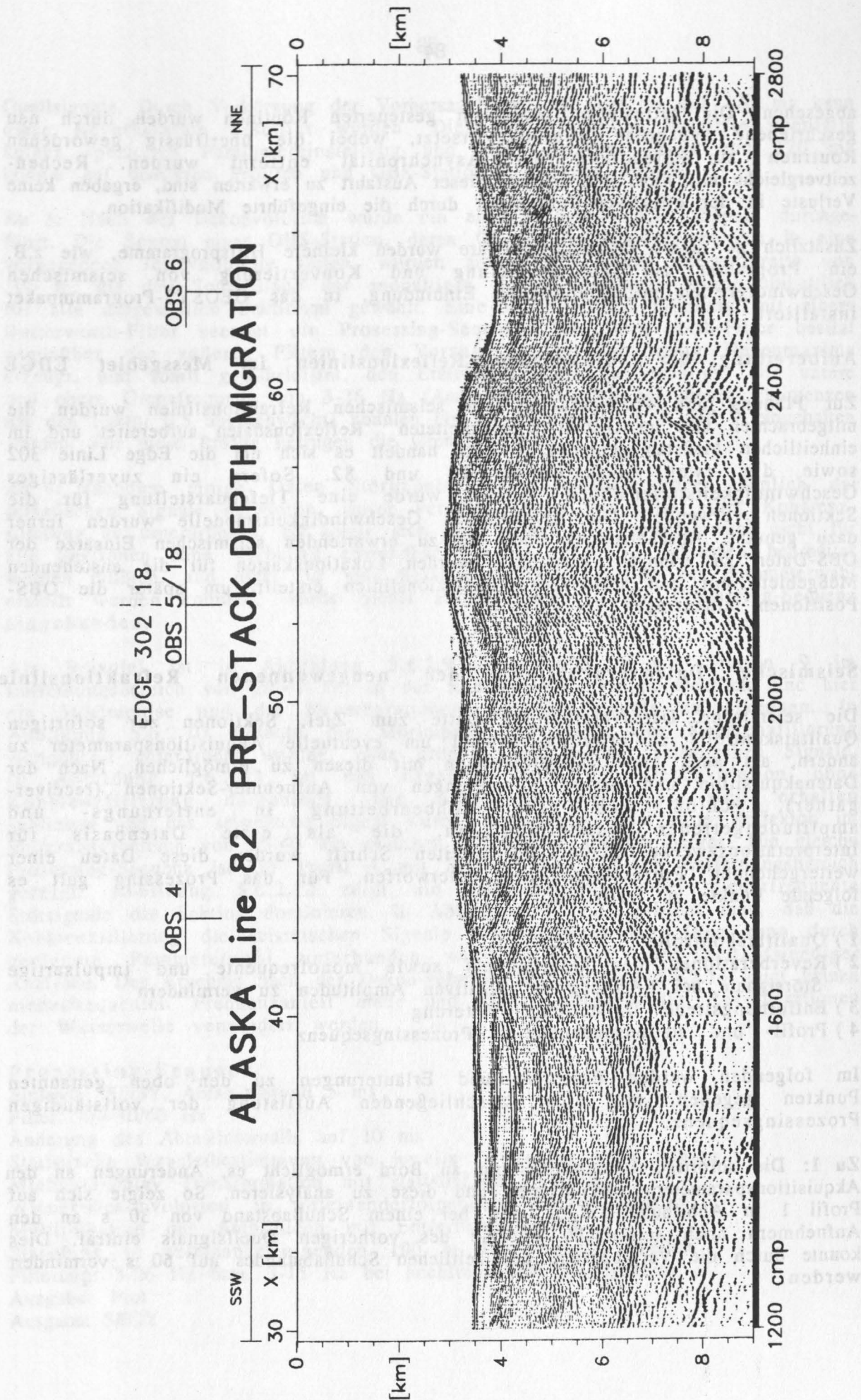


Abbildung 5.6.1.8 Reflexionsseismisches Profil Alaska 82. Die OBS-Positionen des Profils 2 sowie der Kreuzungspunkt mit den EDGE Profil sind markiert.

abgesehen. Die betroffenen asynchron gesteuerten Routinen wurden durch neu geschriebene synchrone Routinen ersetzt, wobei die überflüssig gewordenen Routinen zur Steuerung der Asynchronität entfernt wurden. Rechenzeitvergleiche mit Jobs, wie sie bei dieser Ausfahrt zu erwarten sind, ergaben keine Verluste in der effektiven Rechenzeit durch die eingeführte Modifikation.

Zusätzlich zu dieser Prozessingsoftware wurden kleinere Hilfsprogramme, wie z.B. ein Programm zur Tiefenwandlung und Konvertierung von seismischen Geschwindigkeiten mit graphischer Einbindung, in das GEOSYS-Programmpaket installiert.

Aufbereitung der vorhandenen Reflexionslinien im Messgebiet EDGE

Zur Planung und Positionierung der seismischen Refraktionslinien wurden die mitgebrachten und im GEOMAR bearbeiteten Reflexionsdaten aufbereitet und im einheitlichen Maßstab geplottet. Hierbei handelt es sich um die Edge Linie 302 sowie die zwei Alaska-Linien 18 und 82. Sofern ein zuverlässiges Geschwindigkeitstiefenmodell vorlag, wurde eine Tiefendarstellung für die Sektionen verwendet. Die vorhandenen Geschwindigkeitsmodelle wurden ferner dazu genutzt, Abschätzungen über die zu erwartenden seismischen Einsätze der OBS-Daten zu erlangen. Zusätzlich wurden Lokationskarten für die anstehenden Meßgebiete mit den seismischen Reflexionslinien erstellt, um später die OBS-Positionen einzutragen.

Seismische Datenverarbeitung der neugewonnenen Refraktionslinien

Die seismische Datenverarbeitung hatte zum Ziel, Sektionen zur sofortigen Qualitätskontrolle zu erstellen, sowohl um eventuelle Akquisitionsparameter zu ändern, als auch erste Interpretationen mit diesen zu ermöglichen. Nach der Datenakquisition und ersten Abspielungen von Aufnehmer-Sektionen (receiver-gather), schloß sich eine Rohbearbeitung in entfernungs- und amplitudengetreuer Darstellung an, die als erste Datenbasis für Interpretationszwecke diente. Im zweiten Schritt wurden diese Daten einer weitergehenden Prozessingsequenz unterworfen. Für das Prozessing galt es folgende Punkte zu realisieren:

- 1) Qualitätskontrolle
- 2) Reverberationen des Quellsignals sowie monofrequente und impulsartige Störsignale bei Erhaltung der relativen Amplituden zu vermindern
- 3) Entfernungstreue Darstellung, Filterung
- 4) Profil- und stationsunabhängige Prozessingsequenz

Im folgenden werden Beispiele und Erläuterungen zu den oben genannten Punkten gegeben, mit einer anschließenden Auflistung der vollständigen Prozessingsequenz.

Zu 1: Die sofortige Datenbearbeitung an Bord ermöglicht es, Änderungen an den Akquisitionsparametern vorzunehmen und diese zu analysieren. So zeigte sich auf Profil 1 in Abbildung 5.6.2.1, daß bei einem Schußabstand von 30 s an den Aufnehmern noch seismische Energie des vorherigen Quellsignals eintraf. Dies konnte durch die Vergrößerung des zeitlichen Schußabstandes auf 60 s vermindert werden.

Quellsignals. Durch Verkürzung der Vorhersagelänge von 240 ms auf 120 ms kann diese Reverberation beseitigt werden. Diese Dekonvolution bedurfte ebenfalls keiner speziellen Parametereinstellung und eine Vorhersagelänge von 120 ms konnte auf mehreren Profilen und OBS-Stationen bestätigt werden.

Zu 3: Nach der Dekonvolution wurde ein entfernungsabhängiges Stapeln durchgeführt. Die Spuren einer OBS-Station, deren Quell-Aufnehmer-Entfernungen in eine vorgegebene Intervallbreite fielen, wurden aufsummiert. Eine Intervallbreite von 100 m, die den Spurabstand der endgültigen Sektion bestimmt, wurde einheitlich für alle dargestellten Sektionen gewählt. Eine anschließende Filterung mit einem Butterworth-Filter beendet die Prozessing-Sequenz. Ein Butterworth-Filter besitzt gegenüber den anderen Filtern den Vorzug das er nur wenig Nebenmaxima erzeugt, und somit gewährleistet, den Ersteinsatz nicht zu verzerren. Die untere und obere Grenzfrequenz von 3-26 Hz (Amplituden werden bei diesen Frequenzen um den Faktor 0.5 abgeschwächt) konnten bis auf die Profile 7, 8 und 9 eingehalten werden. Für diese Profile betrugen die Grenzfrequenzen 3-15 Hz.

Zu 4: Nachdem einige Daten Störimpulse mit Amplitudengrößen ähnlich der seismischen Signale aufwiesen, wurde versucht, diese mit Hilfe einer Kohärenzfilterung zu unterdrücken. Es zeigte sich jedoch, daß die Parameterwahl nicht für alle Sektionen ohne Vorbehalt anwendbar war. Da über 50 Sektionen bearbeitet werden mußten, und nicht für jede Sektion separate Tabellen zur Parameterwahl erstellt werden konnten, wurde dieser Prozeß nicht in die Prozessing-Sequenz eingebunden.

Als Beispiel ist in Abbildung 5.6.2.9 das Profil 3 mit Station 9 im Entfernungsbereich von 20-41 km in der Rohstapelung gezeigt. Deutlich sind hier die Störimpulse und die Reverberationen des Quellsignals zu erkennen. In Abbildung 5.6.2.10 konnten die Störimpulse mit Hilfe der Kohärenzfilterung weitgehend unterdrückt werden, ohne größere Verluste der seismischen Signale. In Abbildung 5.6.2.11 ist das Ergebnis nach der Dekonvolution ohne Kohärenzfilterung dargestellt. Die Amplitudenverhältnisse sind erhalten geblieben und das seismische Signal wurde zusammengezogen. Eine Reflexion im Entfernungsbereich von 35-40 km zwischen 4-5 s tritt deutlich hervor. Die gleiche Prozessing-Sequenz ist für Profil 4 mit Station 18 im nahen Entfernungsbereich gezeigt. Abbildung 5.6.2.12 zeigt die Rohstapelung, wobei niederfrequente Störsignale die Sektion dominieren. In Abbildung 5.6.2.13 erkennt man, daß die Kohärenzfilterung die seismischen Signale stark verzerrt hat. Dies kann durch geeignete Parameterwahl unterbunden werden, bedarf aber zeitaufwendiger Analysen. Das Ergebnis nach der Dekonvolution in Abbildung 5.6.2.14 zeigt keinen niederfrequenten Frequenzanteil mehr und ferner konnten die Reverberationen der Wasserwelle vermindert werden.

Prozessing-Sequenz:

Einlesen: SEG Y, Abtastintervall 5 ms

Filter: 4/8-30/40 Hz

Änderung des Abtastintervalls auf 10 ms

Statistische Waveletbestimmung von jeweils 10 benachbarten Spuren

Minimum-Delay Transformation mit statistischem Wavelet

Wiener-Dekonvolution in aufeinanderfolgenden Zeitabschnitten

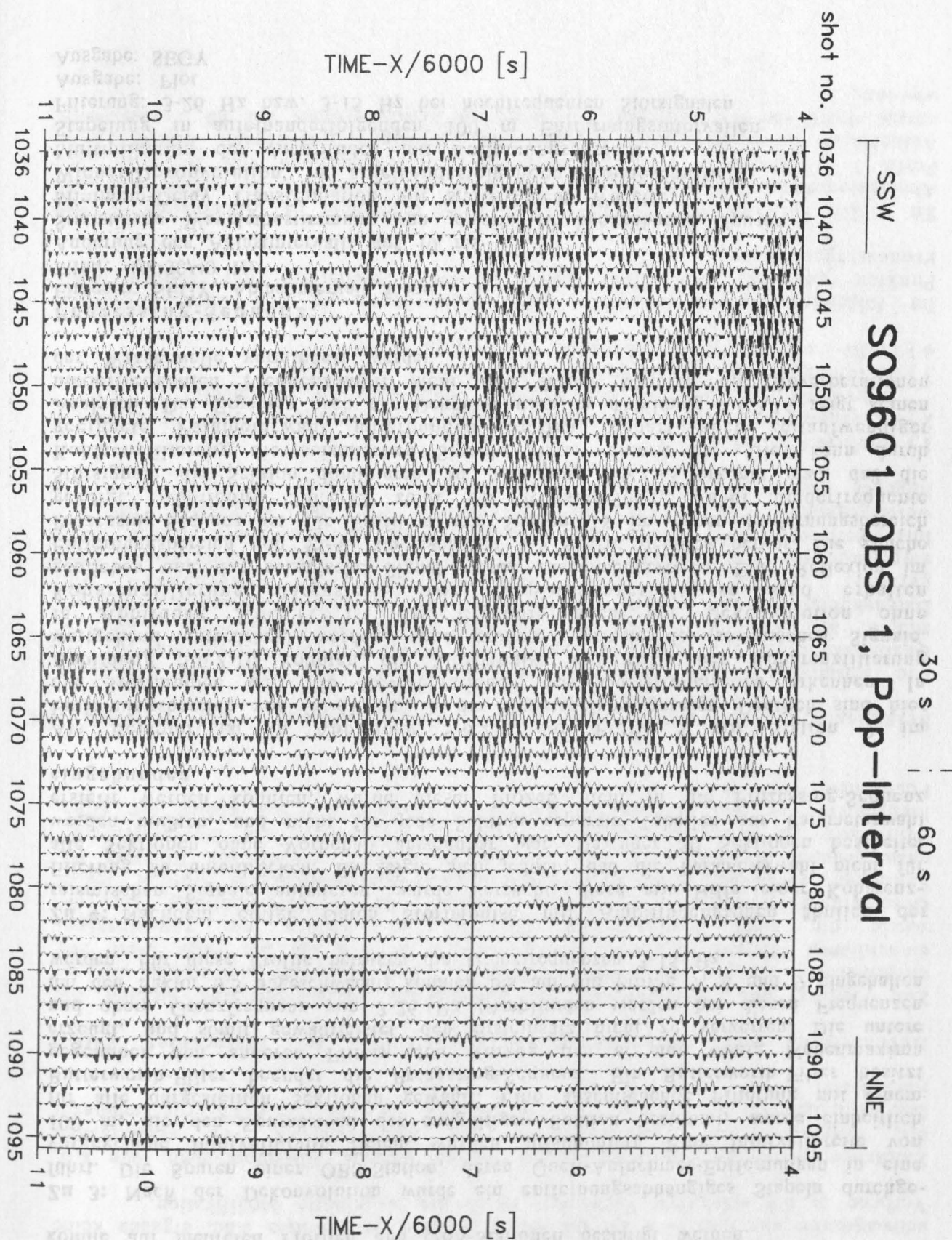
Multiplikation der Amplituden mit Entfernungsbereich

Stapelung in aufeinanderfolgenden 100 m Entfernungintervallen

Filterung: 3-26 Hz bzw. 3-15 Hz bei hochfrequenten Störsignalen

Ausgabe: Plot

Ausgabe: SEG Y



Der kurzzeitige Ausfall einer Airgun auf dem Profil 6 in Abbildung 5.6.2.2 zeigt erhebliche Energieverluste in den seismischen Signalen. Dies bestätigt die Notwendigkeit einer energiereichen Quelle und des Einsatzes von zwei Airguns dieses Volumens, um bei dieser Meßtechnik erfolgreich zu sein.

Da die Datenqualität gut war, wurde versucht die relativen Amplituden innerhalb einer OBS-Sektion zu erhalten. Eine Multiplikation der Amplituden einer Spur mit der jeweiligen Entfernung kompensierte die entfernungsabhängige Amplitudenabnahme. Dies konnte bis auf das Profil 7 eingehalten werden, wo eine Spurnormalisierung aufgrund des schlechten Signal-Rausch-Verhältnisses durchgeführt werden mußte.

Die seismischen Frequenzen, die bei dieser Quelle und den geologischen Gegebenheiten vorliegen, sind in Abbildung 5.6.2.3 für den nahen Entfernungsbereich zwischen 2.0-6.6 km dargestellt. Eine Steilwinkelreflexion zwischen 3-4 s enthält Frequenzen von 5 bis über 30 Hz. Bei einer Quellentfernung zwischen 20.1-15.2 km in Abbildung 5.6.2.4 zeigt sich schon eine deutliche Erniedrigung der Signalfrequenzen, die bei größeren Entfernungen zwischen 42.1-37.2 km auf Werte zwischen 5-13 Hz abnehmen (Abbildung 5.6.2.5). Die Filterung der Rohdaten wurde deshalb sehr breitbandig ausgelegt, mit unterer Sperrfrequenz von 4 Hz und oberer Sperrfrequenz von 40 Hz.

Zu 2: Um die zeitliche Auflösung der seismischen Daten zu verbessern und das seismische Signal zu einem engen Puls zusammenzuziehen, stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. Nahezu alle Verfahren setzen jedoch voraus, daß das Signal minimalphasig ist. Da dies für die verwendete Quelle nicht erfüllt ist, wurde zunächst versucht deterministisch ein ungestörtes repräsentatives Signal aus den gewonnenen Daten zu extrahieren, um mit diesem Wavelet einen Operator für eine Minimum-Delay Transformation zu berechnen. Dies konnte erfolgreich in dem Datenausschnitt, in dem das Signal bestimmt worden ist, durchgeführt werden. An anderen Profilausschnitten jedoch und insbesondere an anderen OBS-Positionen traten Instabilitäten und deutliche Signalverschlechterungen durch das nicht allgemein repräsentative Wavelet auf. Daraufhin mußte ein statistischer Ansatz realisiert werden, in dem aus jeweils zehn benachbarten Schüssen entlang der gesamten Sektion eine gemittelte Autokorrelationsfunktion und das zugehörige mittlere Minimum-Delay Wavelet berechnet wurde. Dieses ist dann für diese zehn Schüsse einem Folgeprozeß zugeführt worden, der die eigentliche Minimum-Delay Transformation durchführte. Diese Methode war sehr stabil, konnte auf allen Profilen und Stationen angewendet werden und bedurfte keiner besonderen Parametereinstellung. Nach dieser Transformation folgte die eigentliche Dekonvolution. Es zeigte sich, daß ein einziges Bestimmungsfenster zur Berechnung der Autokorrelationsfunktion und deren Operator für die Dekonvolution nicht den Variationen in den Daten genügte. Dies lag darin begründet, daß die Amplitudenspektren der Daten mit Zeit und Ort, hervorgerufen durch die direkte Wasserwelle und unterschiedlichste Störsignale, sehr variierten. Deshalb wurde ein Prozeß gewählt, der zunächst die Spuren in Zeitabschnitte von 2 s Länge und 1 s Überlappung zerlegte. Die Dekonvolutionsfilter wurden dann aus der Autokorrelationsfunktion jedes Zeitabschnittes berechnet, wobei die Spuren vor der Dekonvolution mit 2 s geregelt wurden. Nach der Dekonvolution wurde diese Regelung wieder rückgängig gemacht, um die relativen Amplitudenverhältnisse der Spuren zu erhalten. In Abbildung 5.6.2.6-5.6.2.8 sind entfernungsabhängige Dekonvolutionstests nach diesem Verfahren gezeigt. Die verwendete Operatorlänge betrug 480 ms und die Vorhersagelänge wurde von 0 ms auf 240 ms erhöht. In der Autokorrelationsfunktion unterhalb der seismischen Spuren erkennt man in der Originalsektion rechts die Reverberationen des

two airguns | one airgun | two airguns

S09606-OBS 27, Source-Energy

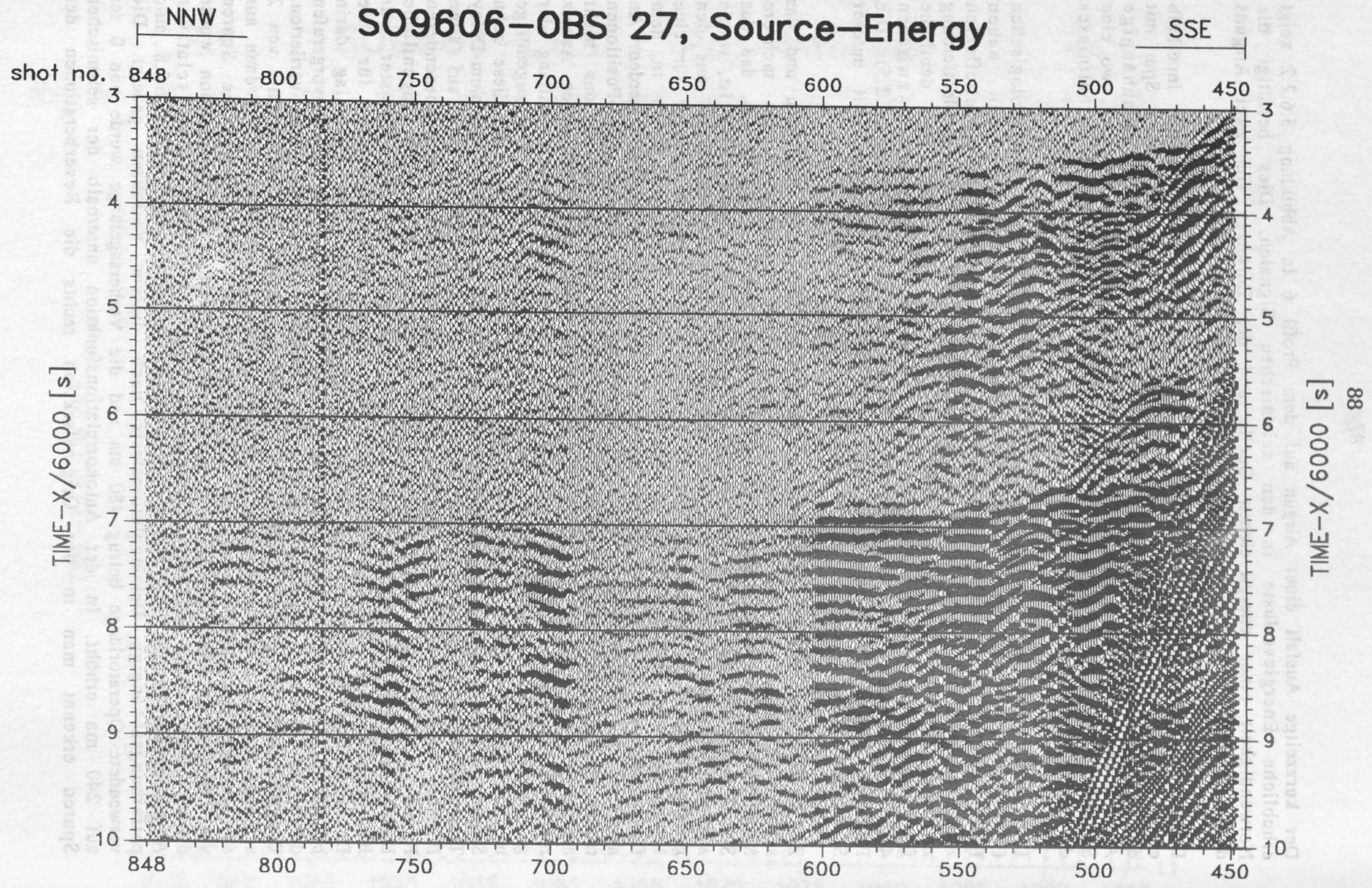


Abbildung 5.6.2.2 Energieübertragung von 1 bzw. 2 Airguns.

Abbildung 5.6.2.3 Filter-Test im Entfernungsbereich 2-6.6km.

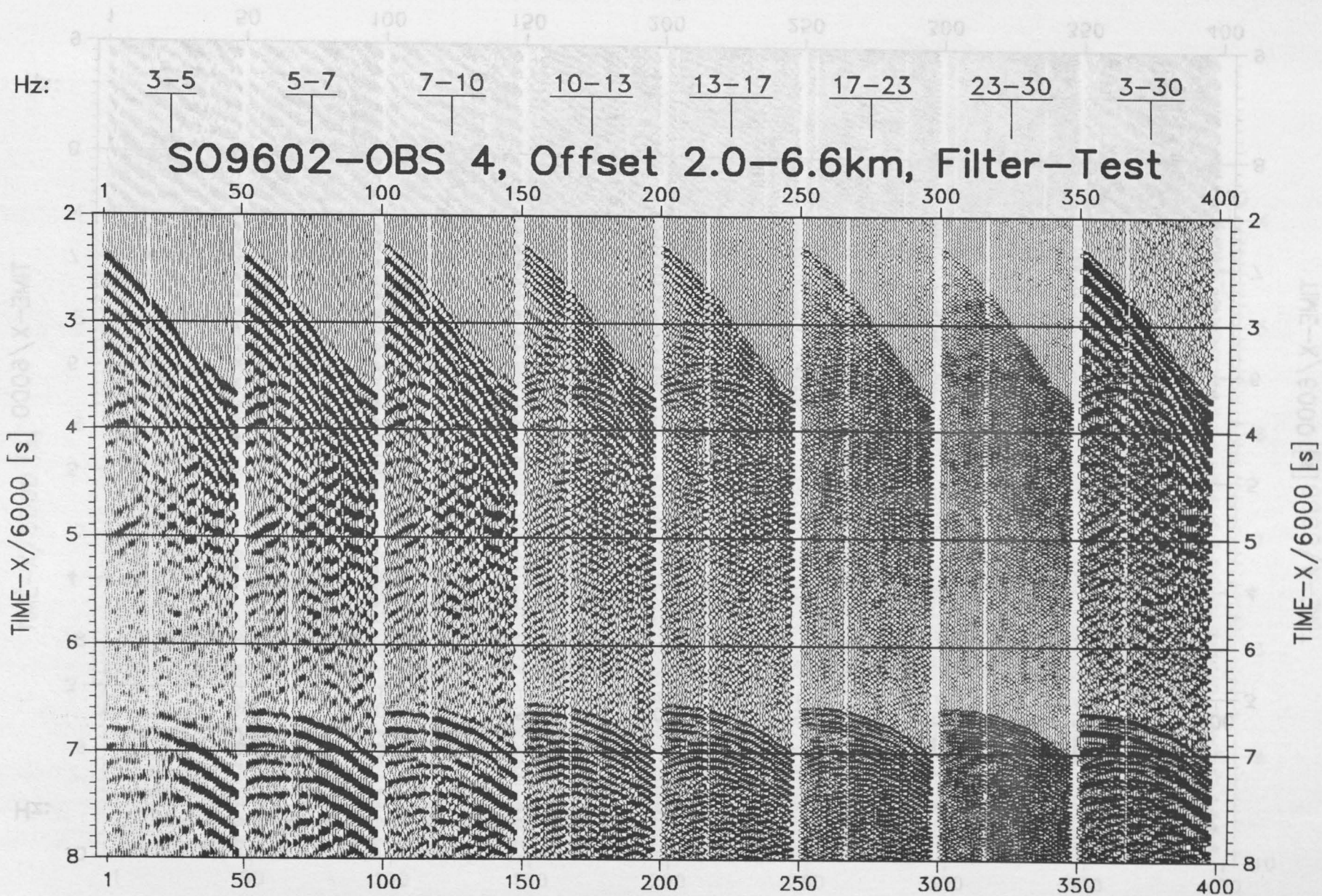


Abbildung 5.6.2.4 Filter-Test im Entfernungsbereich 20.1-15.2km.

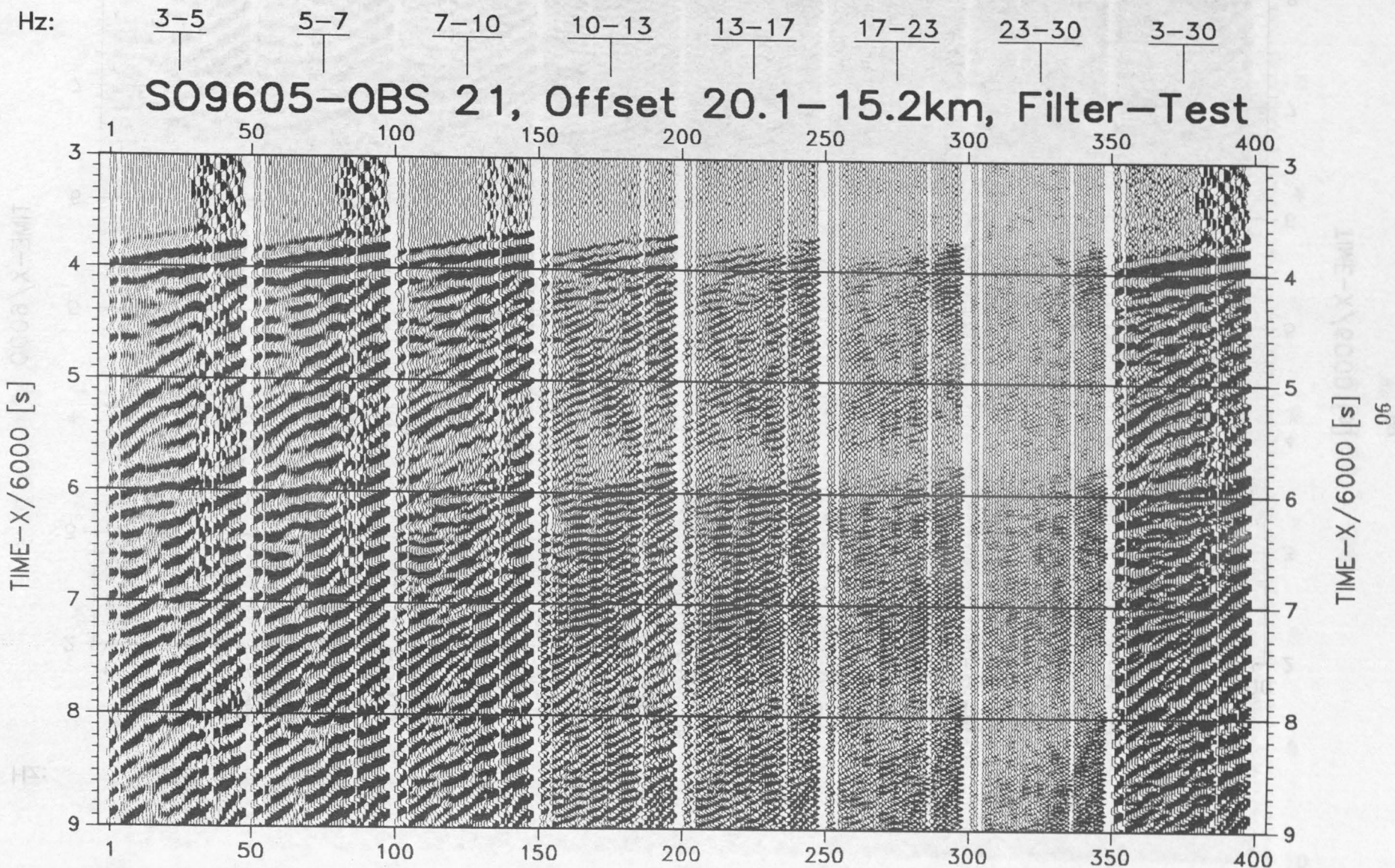


Abbildung 5.6.2.5 Filter-Test im Entfernungsbereich 42.1-37.2km.

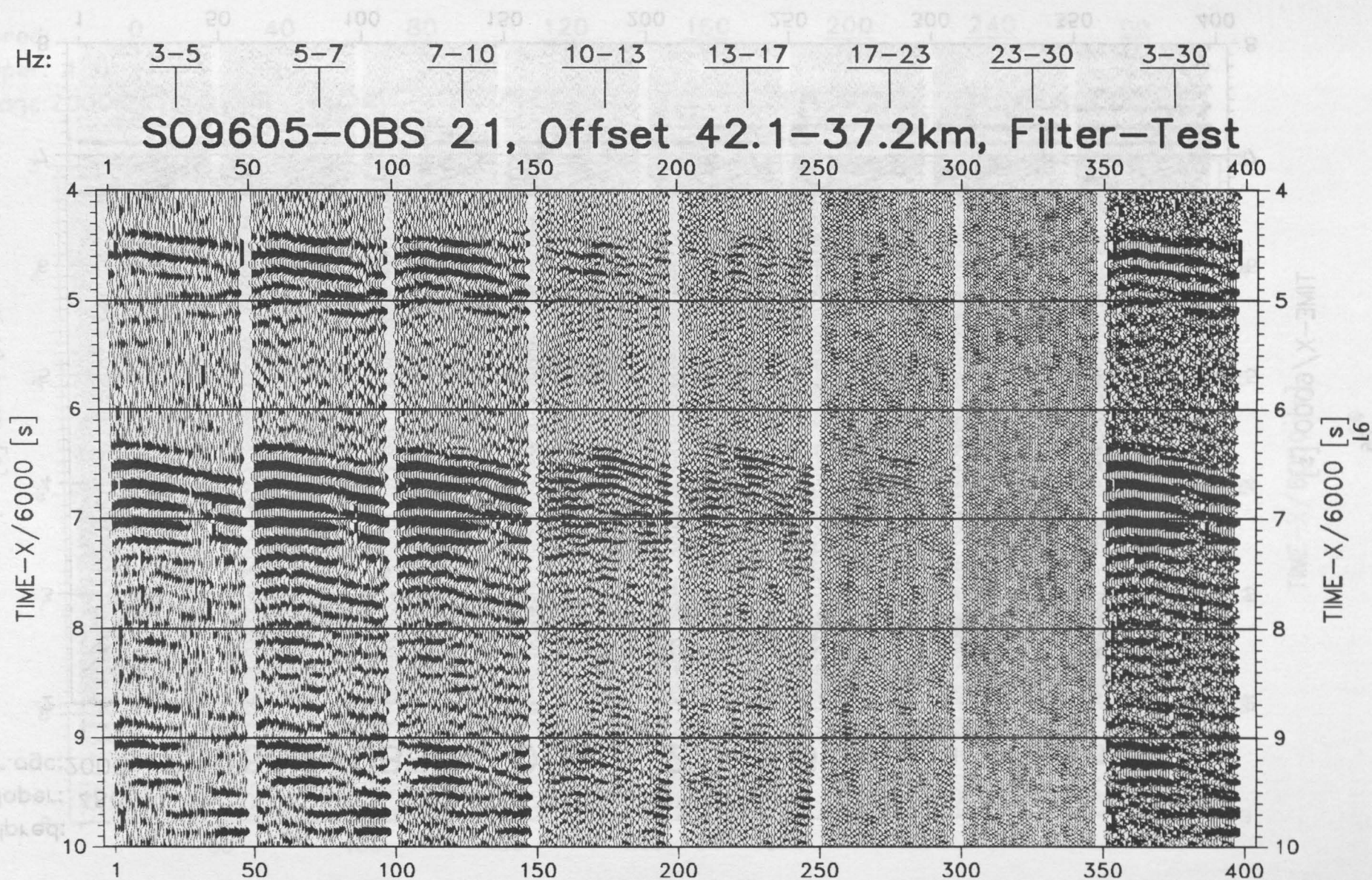


Abbildung 5.6.2.6 Dekonvolutions-Test im Entfernungsbereich 2-6.6km.

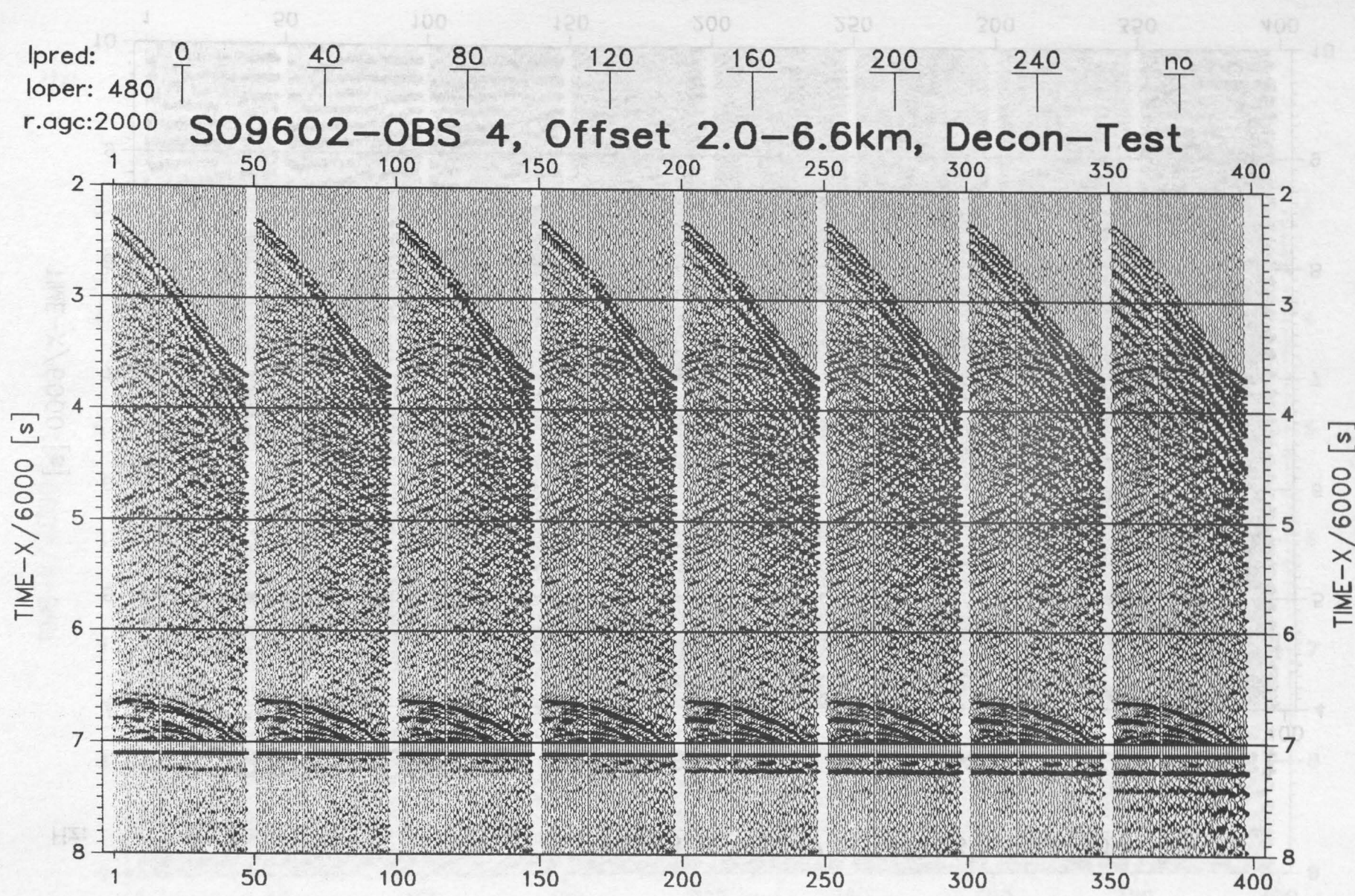


Abbildung 5.6.2.7 Dekonvolutions-Test im Entfernungsbereich 20.1-15.2km.

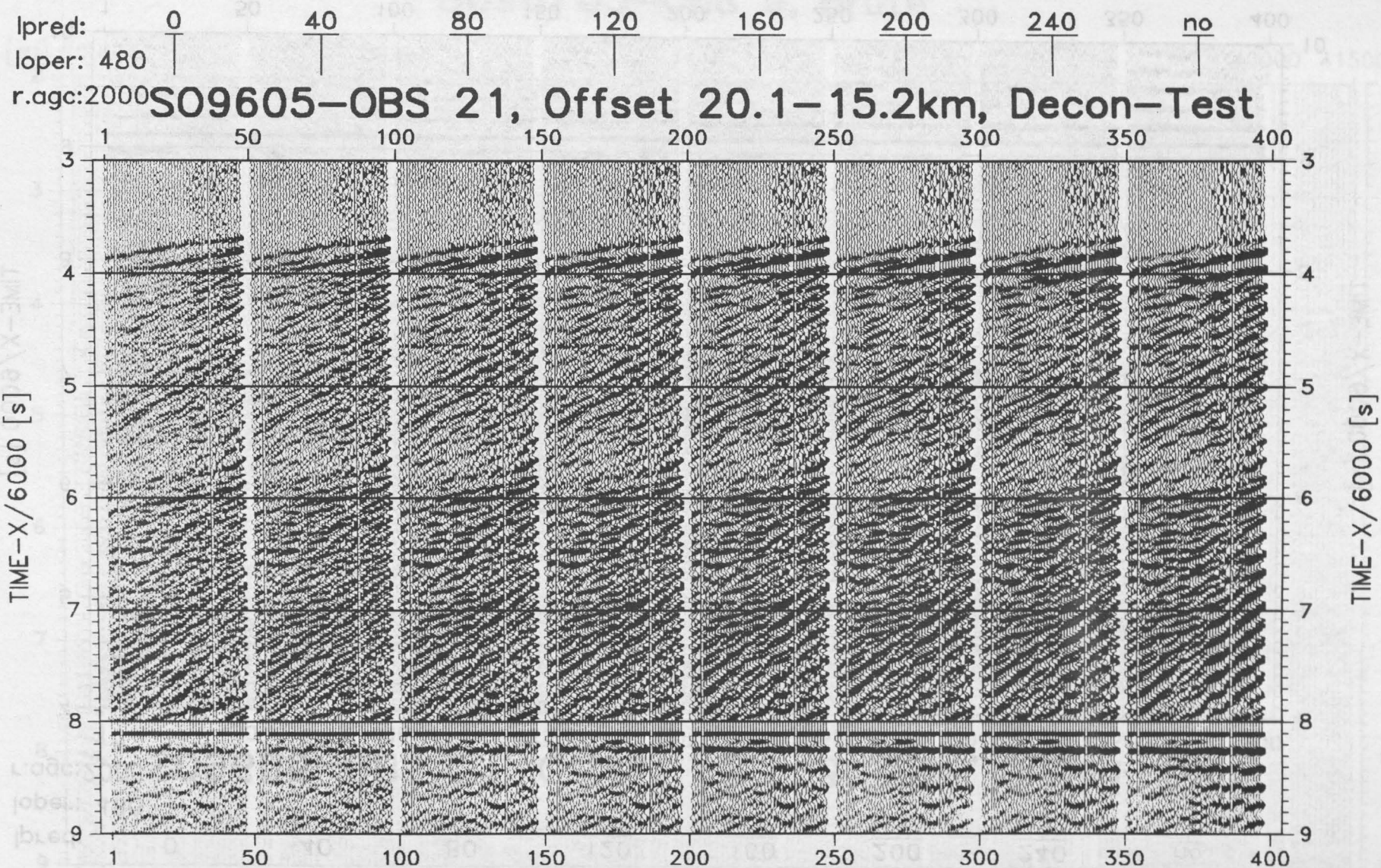
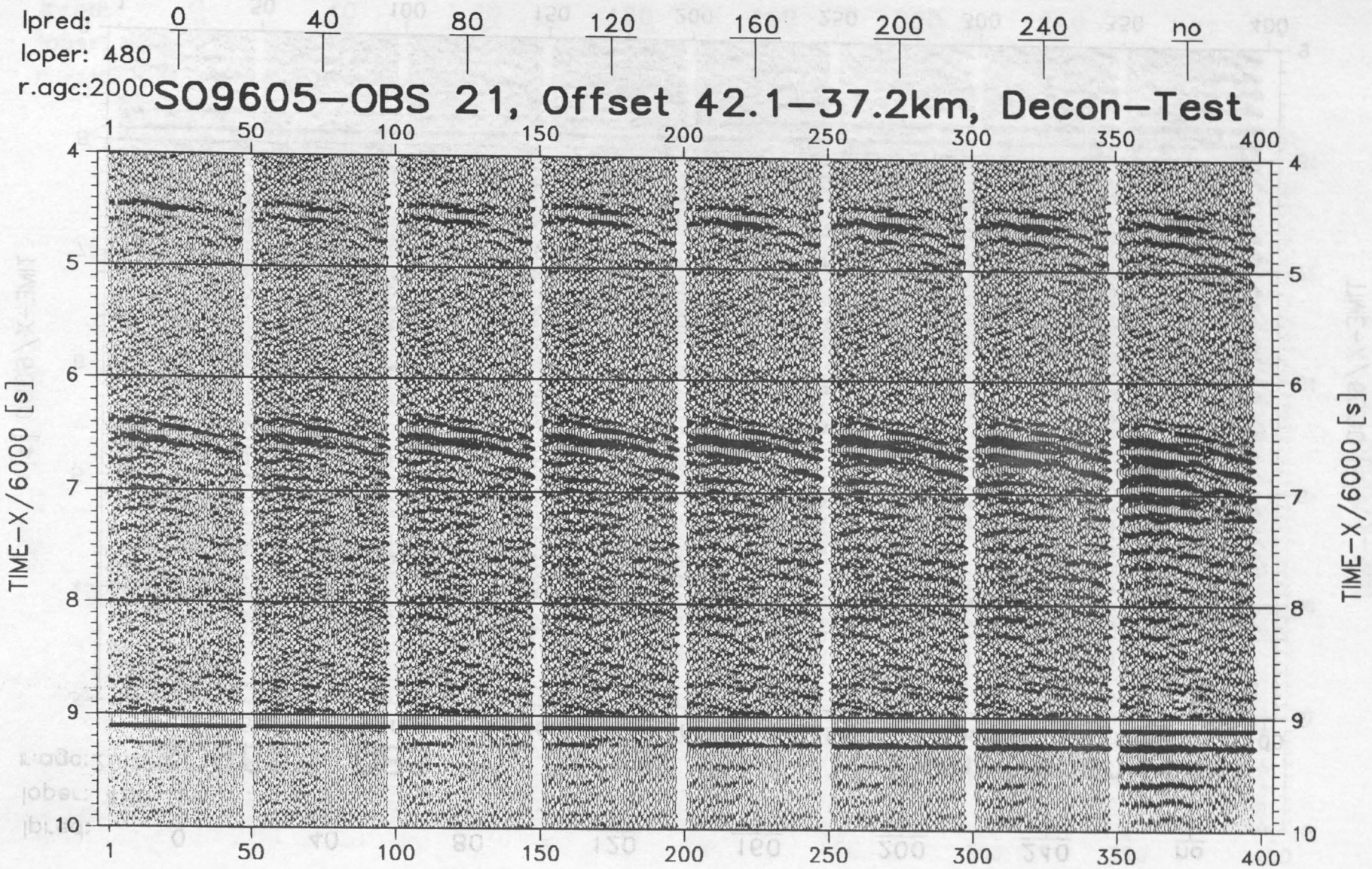


Abbildung 5.6.2.8 Dekonvolutions-Test im Entfernungsbereich 42.1-37.2km.



S096/03-OBS 9, Brute

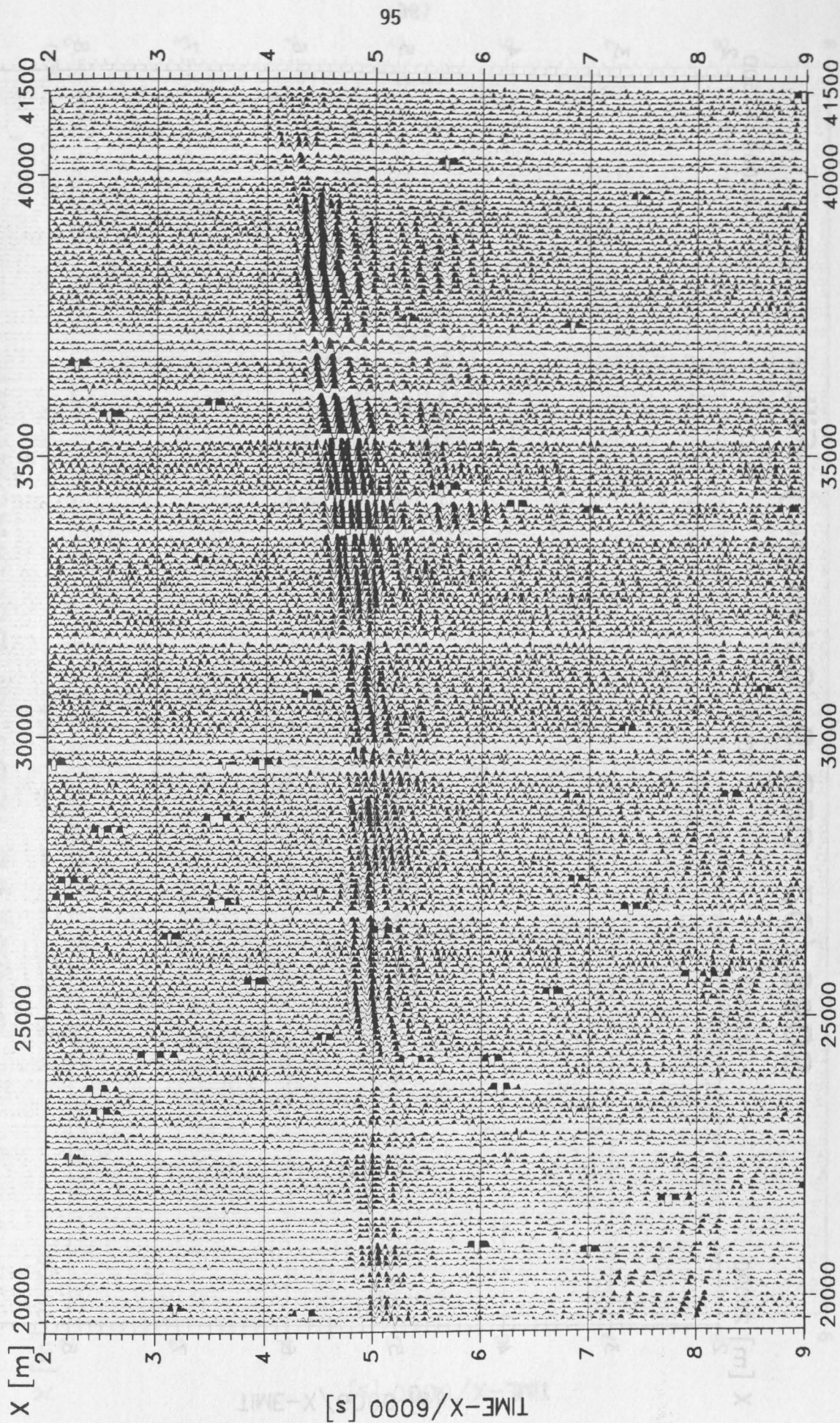


Abbildung 5.6.2.9 Rohstapelung von Profil 3 und OBS 9.

S096/03-OBS 9, Coherency-Filter

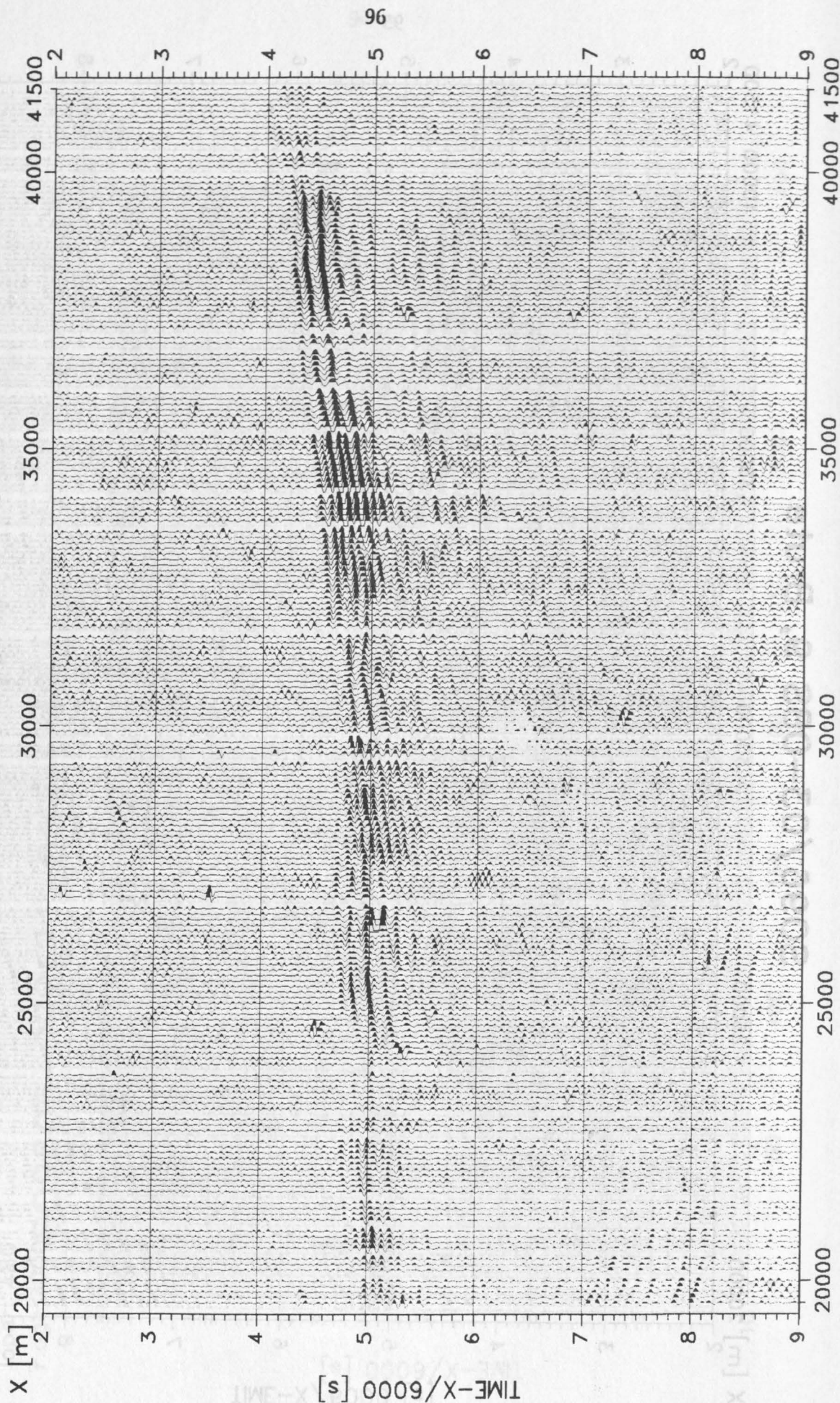


Abbildung 5.6.2.10 Kohärenzfilterung von Profil 3 und OBS 9.

S096/03-OBS 9, Deconvolution

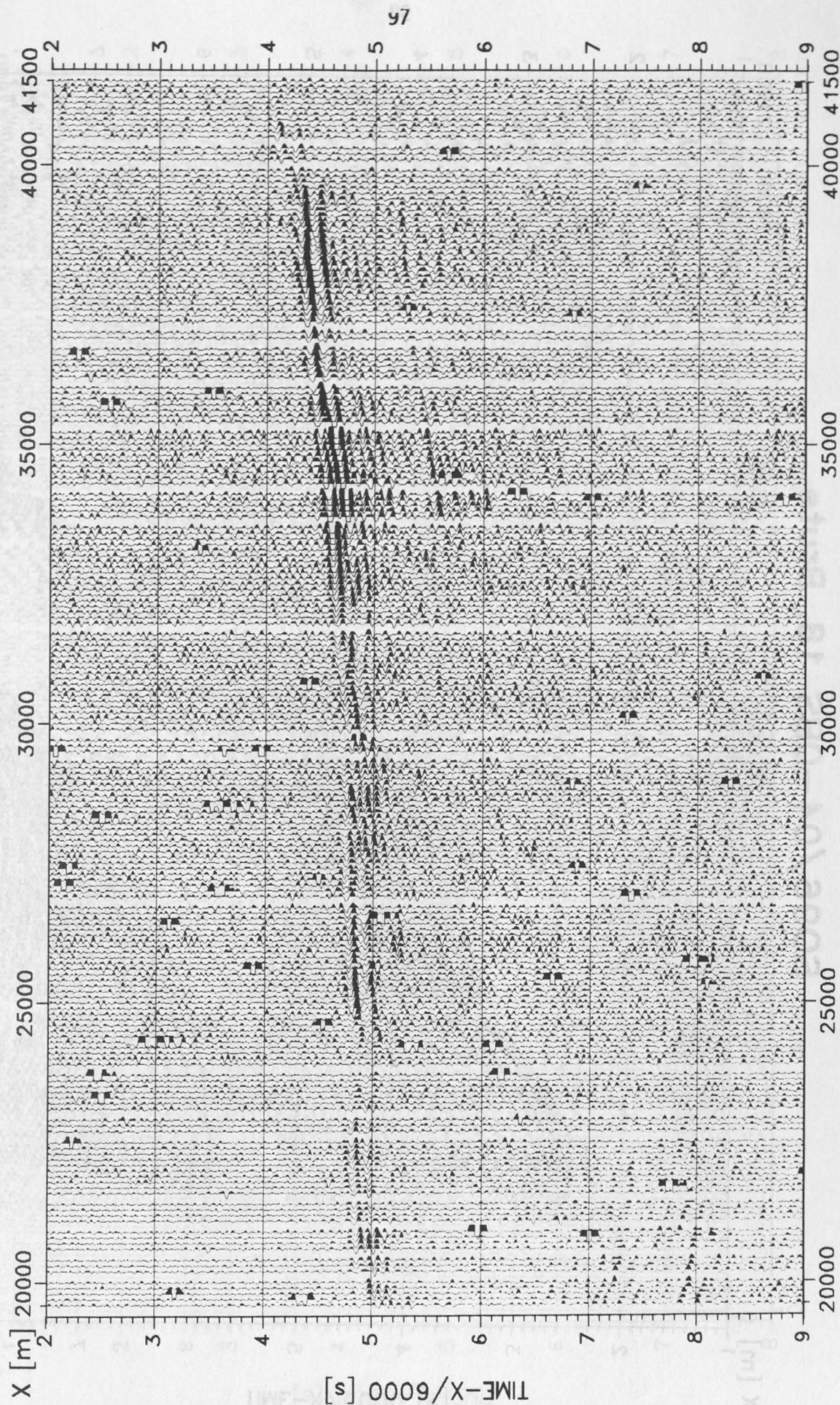


Abbildung 5.6.2.11 Dekonvolution von Profil 3 und OBS 9.

S096/04-OBS 18, Brute

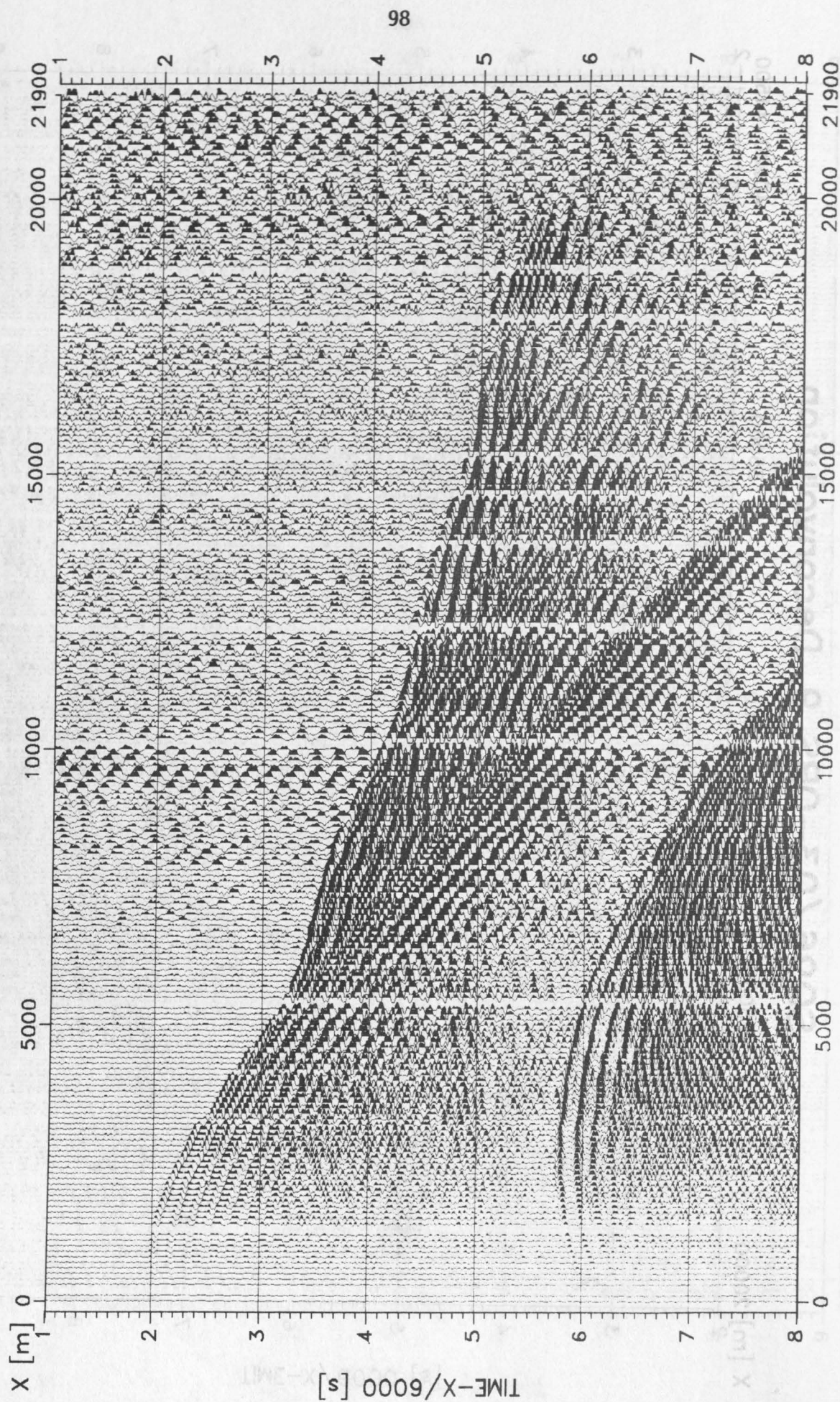


Abbildung 5.6.2.12 Rohstapelung von Profil 4 und OBS 18.

S096/04-OBS 18, Coherency-Filter

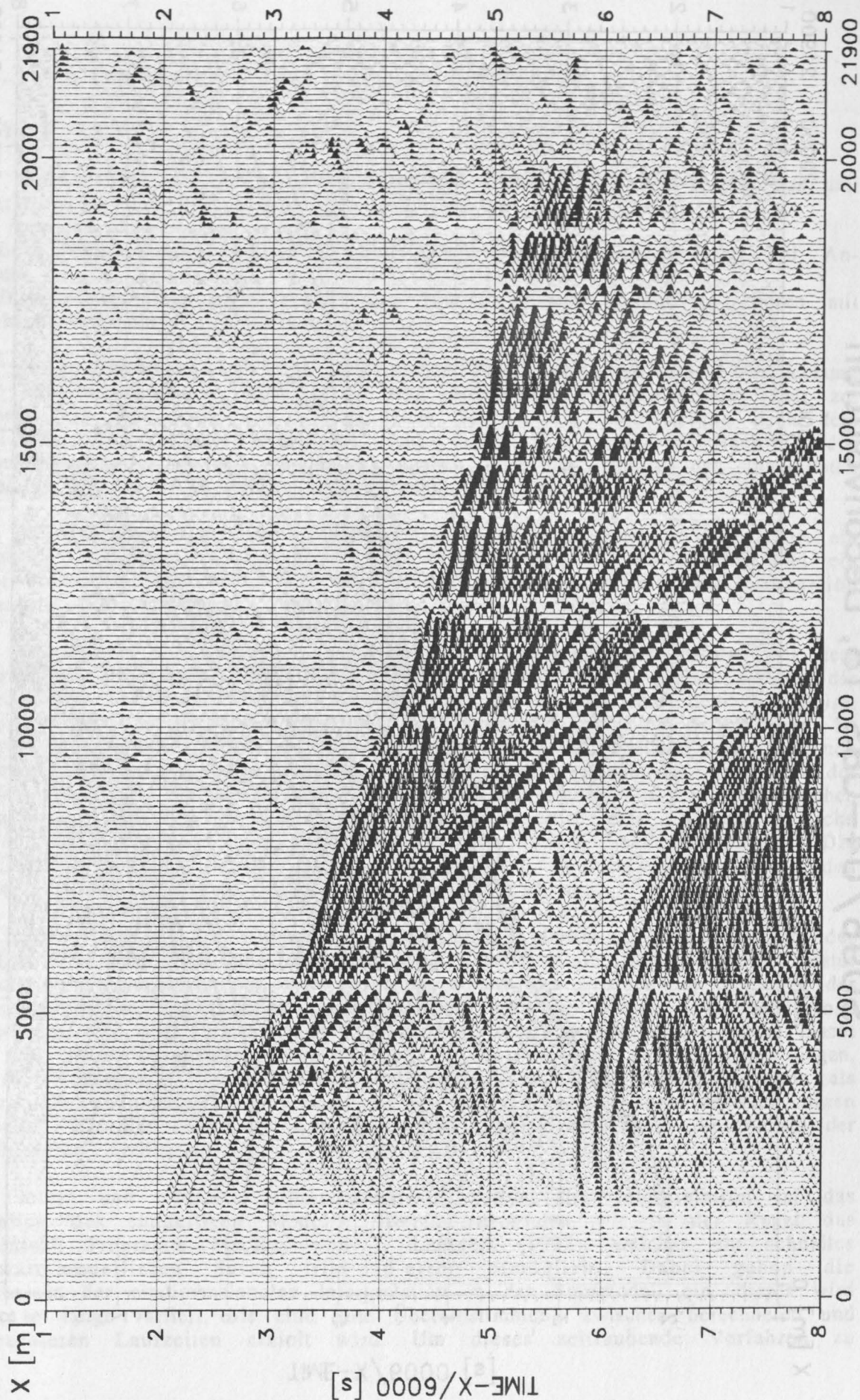


Abbildung 5.6.2.13 Kohärenzfilterung von Profil 4 und OBS 18.

S096/04-OBS 18, Deconvolution

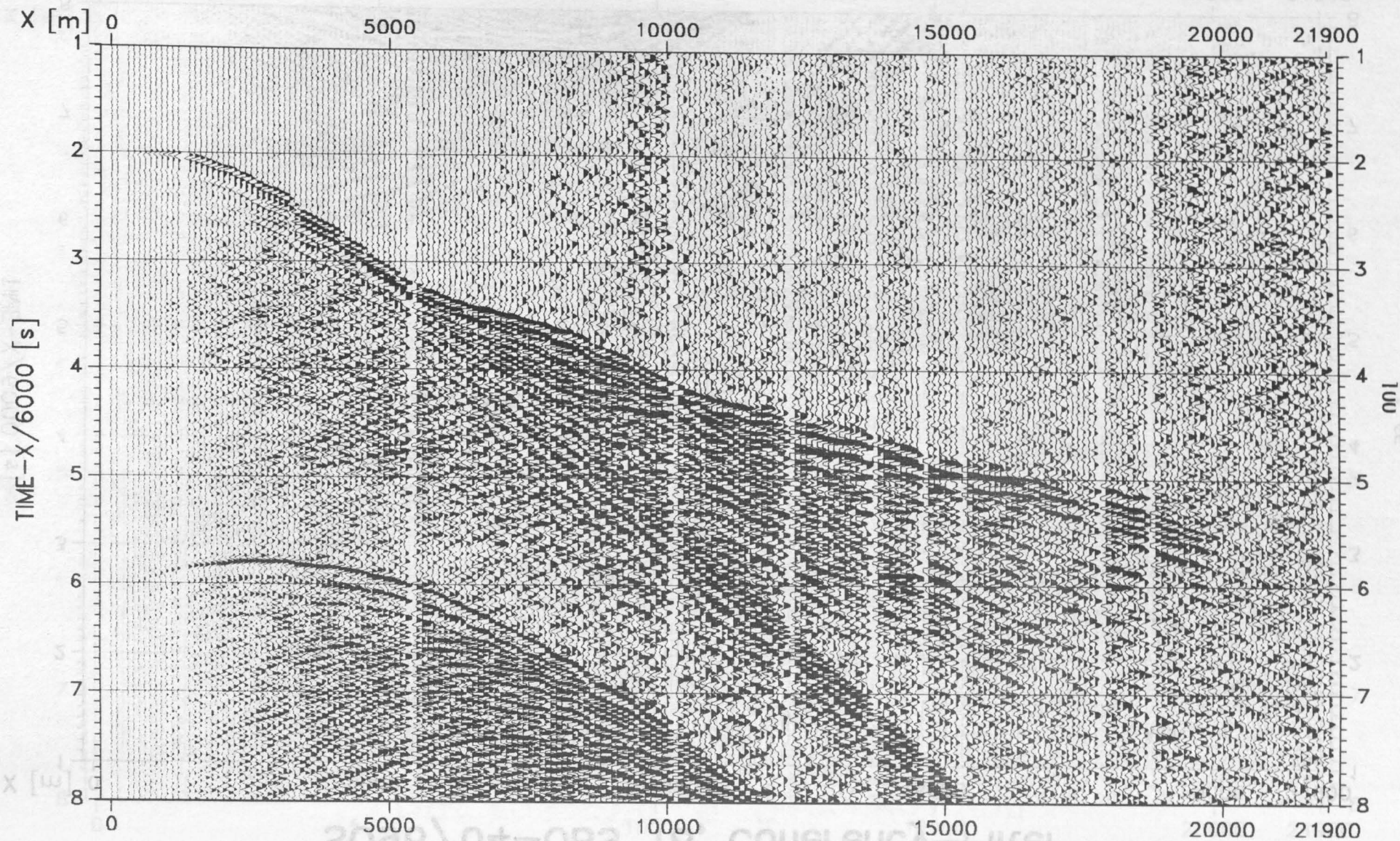


Abbildung 5.6.2.14 Dekonvolution von Profil 4 und OBS 18.

5.6.3 Interpretation der seismischen Profile

(S. Ye, E. Flüh)

Der übliche Weg der Interpretation seismischer Weitwinkelprofile besteht aus drei Schritten:

- Anreißen der Laufzeitkurven
- Berechnung einer eindimensionalen Geschwindigkeitstiefenfunktion bei Annahme lateral homogener Geschwindigkeitsverteilungen im Untergrund
- Entwicklung eines zweidimensionalen Modells durch Vorwärtsmodellieren mit strahlenseismischen Verfahren.

Die große Datenmenge der hier gewonnenen Profile mit mehrfacher Überdeckung und hoher Datendichte läßt diesen Weg nicht mehr in vertretbarer Zeit zu. Insbesondere der dritte und entscheidende Schritt, die Modellierung nach dem trial-and-error Verfahren gelingt nicht mehr. Ein weiterer Nachteil des manuellen Raytracings sind fehlende Angaben über die Qualität des abgeleiteten Modells, welche die Beurteilung der Ergebnisse erschweren.

Um die Daten möglichst rasch interpretieren zu können, haben wir zunächst ein schnelles Verfahren zum Festlegen der Einsätze benutzt und anschließend ein quasi-automatisches Verfahren für die zweidimensionale Laufzeitinversion angewandt (Zelt und Smith, 1992).

Das Bestimmen der Laufzeiten auf den Seismogrammsektionen erfolgt mit dem interaktiven Programm XSEIS (Weinrebe und Junge, 1993). Dabei werden die bearbeiteten Sektionen, wie in Kapitel 5.6.2 beschrieben, auf dem Bildschirm dargestellt und der Benutzer kann über die Maus die Laufzeiten digitalisieren. Es können ausgewählte Bereiche vergrößert werden, eine variabel einzustellende Graustufenabstimmung und Amplitudenstärke erleichtert dabei das Verfolgen der Einsätze. Für die Ersteinsätze gibt es zudem einen Algorithmus zur automatischen Erkennung, die der Benutzer eventuell korrigieren kann. Unterschiedliche Laufzeitäste werden mit verschiedenen Symbolen gekennzeichnet. Die Laufzeitinformationen werden so gespeichert, daß sie von den nachfolgenden Interpretationsprogrammen übernommen werden können.

Der erste Schritt der Interpretation ist eine eindimensionale Analyse der Laufzeitkurve. Dies ist nur dann sinnvoll, wenn laterale Homogenität in erster Näherung vorauszusetzen ist, wie es meistens bei den Profilen im Streichen der Hauptstrukturen angenommen werden kann. Hierzu wurde das MacIntosh Programm R1D von J. Luetgert (1992) benutzt, seine graphische Oberfläche macht ein sehr effizientes Arbeiten möglich. Bei Profilen, die quer zum Streichen liegen, ist die Aussagekraft der Ergebnisse nur gering, da Scheingeschwindigkeiten als wahre Geschwindigkeiten angenommen werden. Es bietet aber dennoch einen schnellen Überblick über die Komplexität der Struktur und zeigt die Anzahl der durchteuften Schichten an.

Der letzte und zugleich arbeitsintensivste Schritt der Interpretation ist das Erstellen des endgültigen Modells. Hierzu verwenden wir in der Regel das MacIntosh Programm MacRay von J. Luetgert (1992), welches ein schnelles Vorwärtsmodellieren durch trial-and-error ermöglicht. Dabei gehen die Ergebnisse der eindimensionalen Interpretation in das Startmodell ein, dieses wird dann so lange variiert, bis eine gute Übereinstimmung zwischen berechneten und beobachteten Laufzeiten erzielt wird. Um dieses zeitraubende Verfahren zu

beschleunigen, haben wir uns um die Implementierung eines quasi-automatischen Inversionsverfahrens bemüht (Zelt und Smith, 1992). Das Programm wurde uns von C. Zelt zur Verfügung gestellt und konnte relativ schnell angewandt und getestet werden. Es ist für die graphische Benutzeroberfläche OPEN WINDOWS geschrieben, die auf unseren SUN-Workstations vorhanden ist. Die mitgelieferten Beispiele gaben einen guten Überblick über den Umfang des Programms.

Das Programm RayInvr besteht im wesentlichen aus vier Modulen, VMODEL, RAYINV, DMPLSTSQR und TRAMP. Wie aus den Abkürzungen abzuleiten ist, lösen sie unterschiedliche Aufgaben wie Modellanalyse und -darstellung, Raytracing und Berechnung der Laufzeiten, automatische (least square) Anpassung des Modells und Inversion sowie die Amplitudenberechnung. Das Modell wird aus durchgehenden Schichten aufgebaut, wobei an den Knotenpunkten die Geschwindigkeiten an der Ober- und Unterkante einer Schicht definiert werden. Eine sehr hilfreiche Eigenschaft des Programms ist es, an den Knotenpunkten unterschiedliche Gewichtungen für Geschwindigkeiten oder Tiefen anzubringen und damit Teile des Anfangsmodells zu fixieren. So kann z. B. der Meeresboden vorgegeben werden (und wird dann nicht im Laufe der Modellanpassung verändert). Bei unseren ersten Versuchen stellte sich heraus, daß das Programm sehr sensibel reagiert, wenn neben Weitwinkelreflexionen auch Steilwinkelreflexionen mit einbezogen werden. Dies führt häufig zu stark streuenden Geschwindigkeitsfeldern, die in den Weitwinkeldaten nicht zu erkennen sind. Der Inversionsprozess ist sehr empfindlich gegenüber den vorgegebenen Gewichtungen. Es erfordert vom Bearbeiter einige Erfahrung und Gefühl, diese richtig zu setzen. Wird z. B. eine Grenzfläche fest vorgegeben, so kann dies zu erheblichen Änderungen der Geschwindigkeit führen und umgekehrt. Ein Vorteil des Verfahrens ist, daß Strukturinformationen aus Reflexionsprofilen übernommen werden können, die ansonsten unterhalb des Auflösungsvermögens der Weitwinkeldaten liegen. Weiterhin ist es wichtig, daß die Knotenpunktdichte eng genug gewählt wird. Die gewonnenen Erfahrungen haben gezeigt, daß das Programm eine ganz wesentliche Hilfe und Erleichterung bei der Modellierung darstellt. Es darf jedoch nicht darüber hinweggesehen werden, daß es nur dann stabile und sinnvolle Ergebnisse liefert, wenn das Anfangsmodell schon mit der erforderlichen Sorgfalt erstellt wurde. Es stellt eine sehr gute Ergänzung zu den bekannten Raytracing-Verfahren dar, keineswegs ersetzt es diese aber. Letztendlich sollte jedoch nicht vergessen werden, daß im ersten Schritt, der Festlegung der Laufzeitäste, die größte Fehlermöglichkeit liegt.

5.6.4 Seismische Profile

(E. Flüh, M. Gerdorf, A. Hojka, K. Jones, D. Kläschen, O. Ruoff, A. Stavenhagen, S. Ye)

5.6.4.1 Profil 1

Am 29.6. wurde ein Querprofil landwärts vom Aleuten-Graben auf der ersten Terrasse aufgenommen. Drei OBS, jeweils mit neuen Druckzylindern konnten in Wassertiefen zwischen 4700 und fast 5000 m abgesetzt werden. Die neue Airgun war noch nicht einsatzbereit, so daß nur mit einer Kanone geschossen werden konnte. Da auch die Absorption und Energieübertragung unbekannt war, wurde die Kanone zunächst in 30 m Tiefe geschleppt, um ein möglichst hochfrequentes Signal zu erhalten und die Sedimentstrukturen auflösen zu können. Das Ausbringen der Airgun an Backbordseite verlief bei ruhiger See unproblematisch. Das 45 km lange Profil wurde bei 2.5 kn mit 30 s Schußintervall zwischen 13:00 und 23:00 Uhr abgelaufen. In der letzten halben Stunde wurde versuchsweise das Schußpunktintervall auf 60 s erhöht.

Nach dem Einholen der Airgun wurden die OBS ausgelöst, tauchten nach 50-70 Minuten auf und wurden sicher an Bord genommen. Die Ergebnisse waren jedoch nicht zufriedenstellend. Das OBS 3 hatte die Aufzeichnung nach 6 Std. (5 Std. vor Profilende) mit der Meldung "Bandfehler - End of tape?" beendet. Bei OBS 2 trat diese Meldung bereits nach 60 Minuten auf, das Gerät befand sich zu dieser Zeit noch an Bord. Ein Temperatureffekt kann somit nicht die Ursache sein. Bei OBS 1 war die Aufzeichnung ohne Unterbrechung gelaufen. Die beiden Seismogrammmontagen (Abbildungen 5.6.4.1.1 und 5.6.4.1.2) zeigten zudem eine schlechte Signalübertragung. Mit Ausnahme der direkten Wasserwelle und ihrer Multiplen reichten refraktierte Wellen nur in bis zu 15 km Entfernung. Es wurde daher eine geringere Schlepptiefe der beiden Airguns für den nächsten Einsatz vorbereitet. Der Wechsel der Schußrate von 30 auf 60 s machte sich deutlich im Störpegel bemerkbar (siehe auch Abbildung 5.6.2.1), dieser scheint nach 30 s noch nicht weit genug abgeklungen zu sein.

5.6.4.2 Profil 2

Dieses zweite Querprofil wurde am 1.7. mit drei OBS belegt. Erstmals konnten beide Airguns eingesetzt werden. Das Profil wurde von 8:00 bis 17:30 abgeschossen, anschließend wurden alle drei OBS bis 23:00 Uhr geborgen. Die Schußrate betrug 60 s, für einen Testabschnitt wurden 40 s gewählt. Es zeigte sich erneut, daß 40 s ein zu kurzer Abstand war, um ein günstiges Signal-Störverhältnis zu erzielen. Beide Kanonen wurden in einer Tiefe von 14 m gefahren, wie später über einen Luftschlauch an der neuen Kanone durch eine hydrostatische Manometermessung festgestellt wurde. Die drei Seismogramme waren von sehr guter Qualität, wie in den Abbildungen 5.6.4.2.1 bis 5.6.4.2.3 zu sehen. Es sind drei Reflexionen zu erkennen, wobei die t_0 -Zeiten bei 3.4-4.0, 4.5-5.0 und bei 5.5 s liegen. Die dritte Reflexion ist der ozeanischen Kruste zuzuordnen, wie es die zugehörige Refraktorgeschwindigkeit von 6.2 km/s belegt. Reflexionen von der Kruste-Mantel-Grenze sind wegen der zu kurzen Länge des Profils nicht zu erkennen. Oberhalb der ozeanischen Kruste werden drei Schichten angetroffen, wie es die in Abbildung 5.6.4.2.4 gezeigte Auswertung belegt. Das dort gezeigte zweidimensionale Bild wurde mit dem unter 5.6.3 beschriebenen Inversionsprogramm berechnet, wobei jedoch den beobachteten Reflexionen eine geringe Wertigkeit zugeordnet wurde. Das Ergebnis paßt sehr gut mit dem Reflexionsprofil Alaska 18 (Abbildung 5.6.1.7) zusammen, so z.B. die Aufwölbung fünf Kilometer nordöstlich der OBS-Lokation 6. Auch der Vergleich mit den aus Fokussierungsanalysen bestimmten Intervallgeschwindigkeiten des EDGE Profils zeigt eine gute Übereinstimmung, obgleich Reflexionsdaten keine Gradientzonen auflösen können. Die Tiefenlage der ozeanischen Kruste stimmt bei den beiden Verfahren bis auf 200 m überein.

5.6.4.3 Profil 3

Am 3.7. wurden ab 16:00 Uhr drei OBS ausgelegt, das Profil wurde gegenüber dem Profil 1 aufgrund der vorliegenden Hydrosweepkartierungen etwas anders orientiert um möglichst im Streichen der Strukturen zu bleiben. Zwischen 19:00 und 5:30 am 4.7. wurde das Profil abgeschossen, erneut lag das Schußintervall bei 60 s, versuchsweise wurden 90 s gewählt. Dabei ergab sich jedoch keine Veränderung, so daß für alle weiteren Tiefwasserabschnitte an einem Schußintervall von 60 s festgehalten wurde. Ein über die Heckschleppe gezogenes Hydrophon, mit welchem das Schußsignal parallel zur Triggeraufzeichnung registriert werden sollte, riß leider aufgrund unbekannter Umstände nach wenigen Stunden ab. Die OBS wurden bis 11:00 geborgen, erneut stellten sich leider

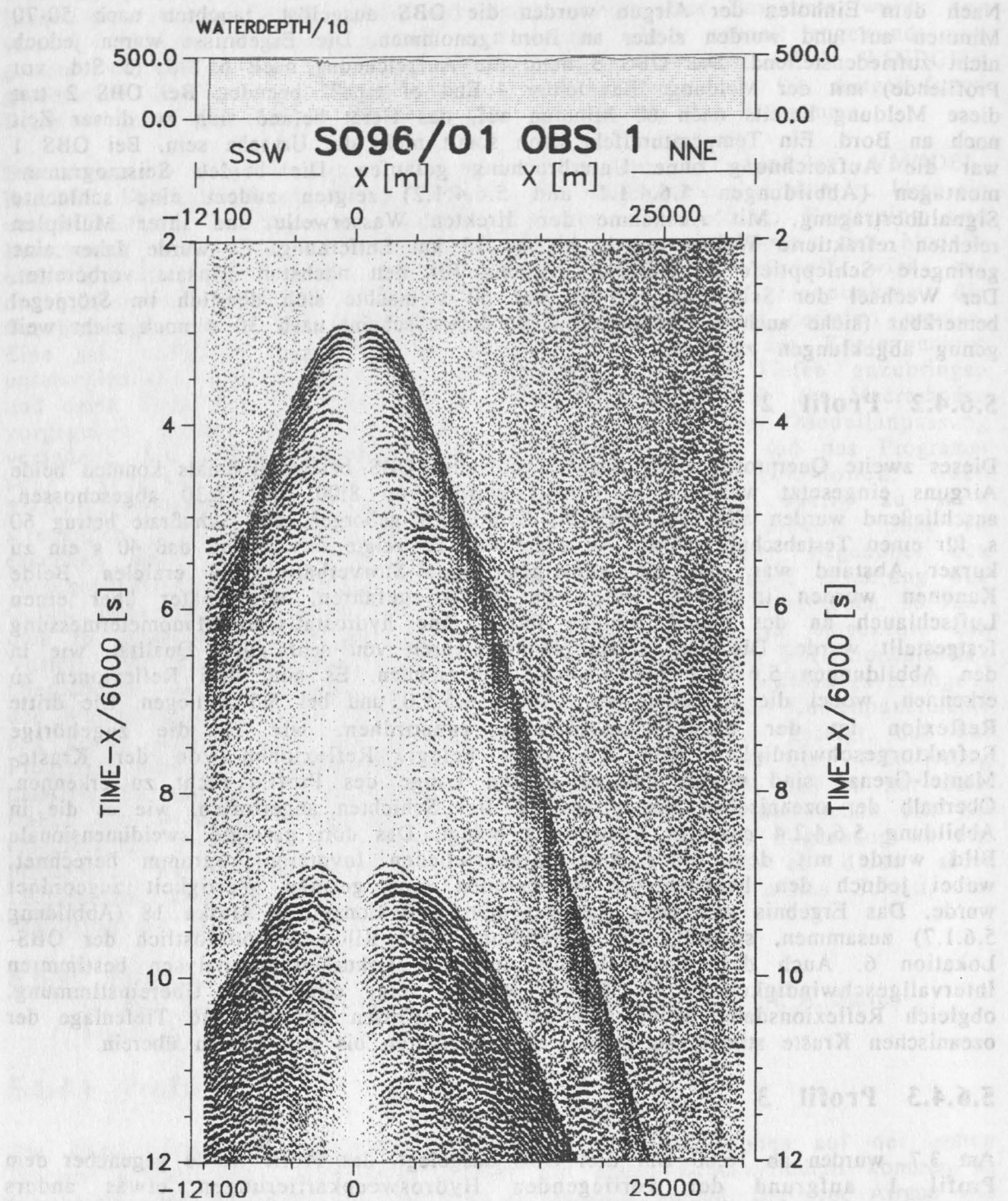


Abbildung 5.6.4.1.1 Seismogrammsection der OBS-Position 1 auf Profil 1. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben. Die Airgun wurde auf Profil 1 in einer Tiefe von 30 m gefahren.

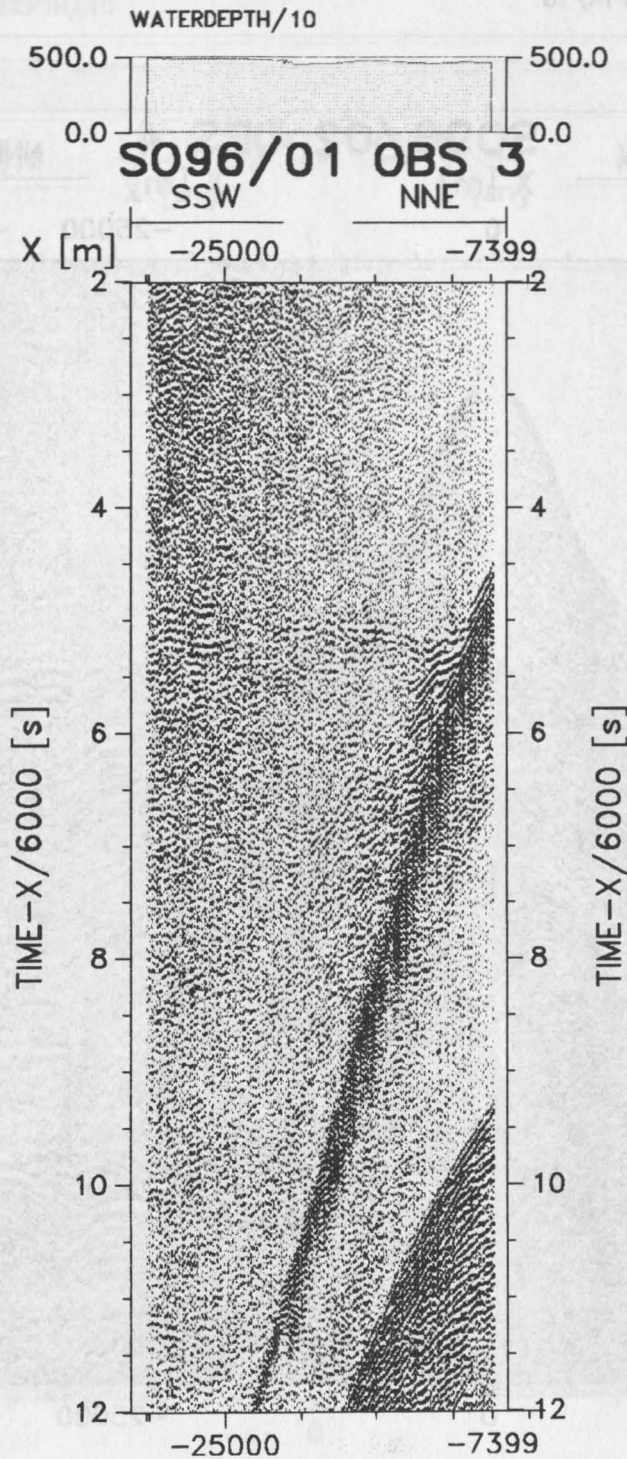


Abbildung 5.6.4.1.2 Seismogrammsection der OBS-Position 3 auf Profil 1. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben. Die Airgun wurde auf Profil 1 in einer Tiefe von 30 m gefahren.

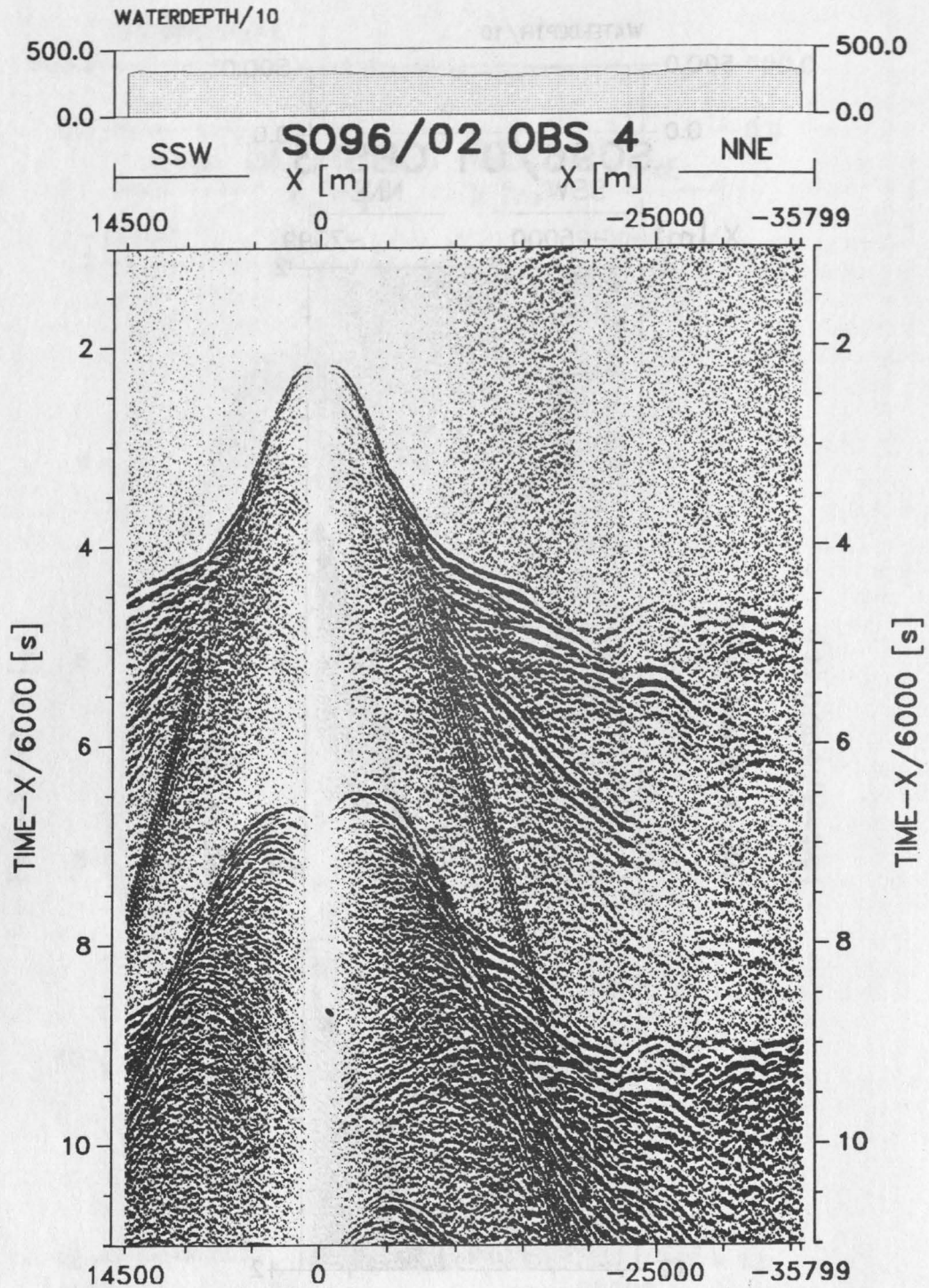


Abbildung 5.6.4.2.1 Seismogrammsection der OBS-Position 4 auf Profil 2. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

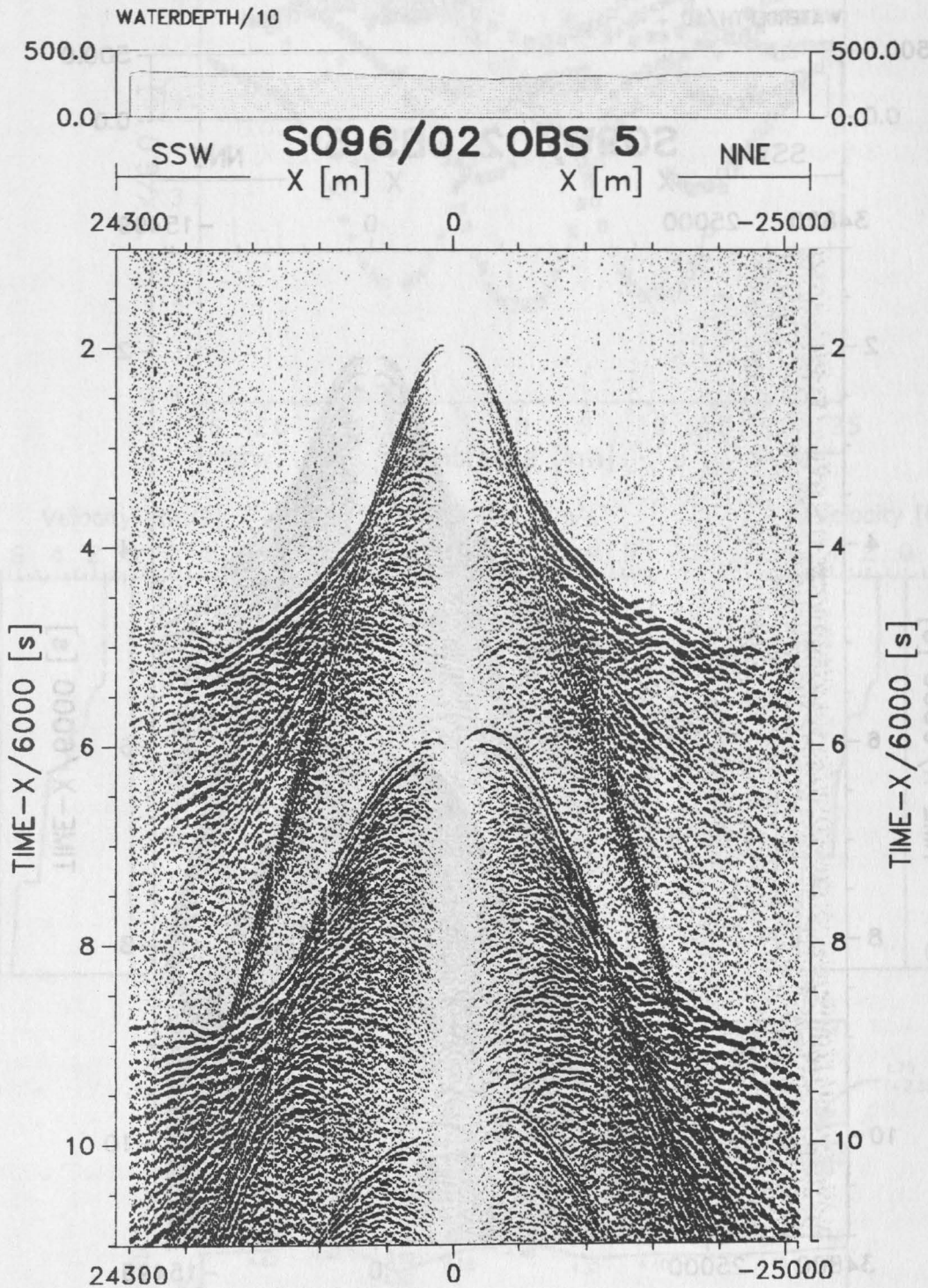


Abbildung 5.6.4.2.2 Seismogrammsection der OBS-Position 5 auf Profil 2. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

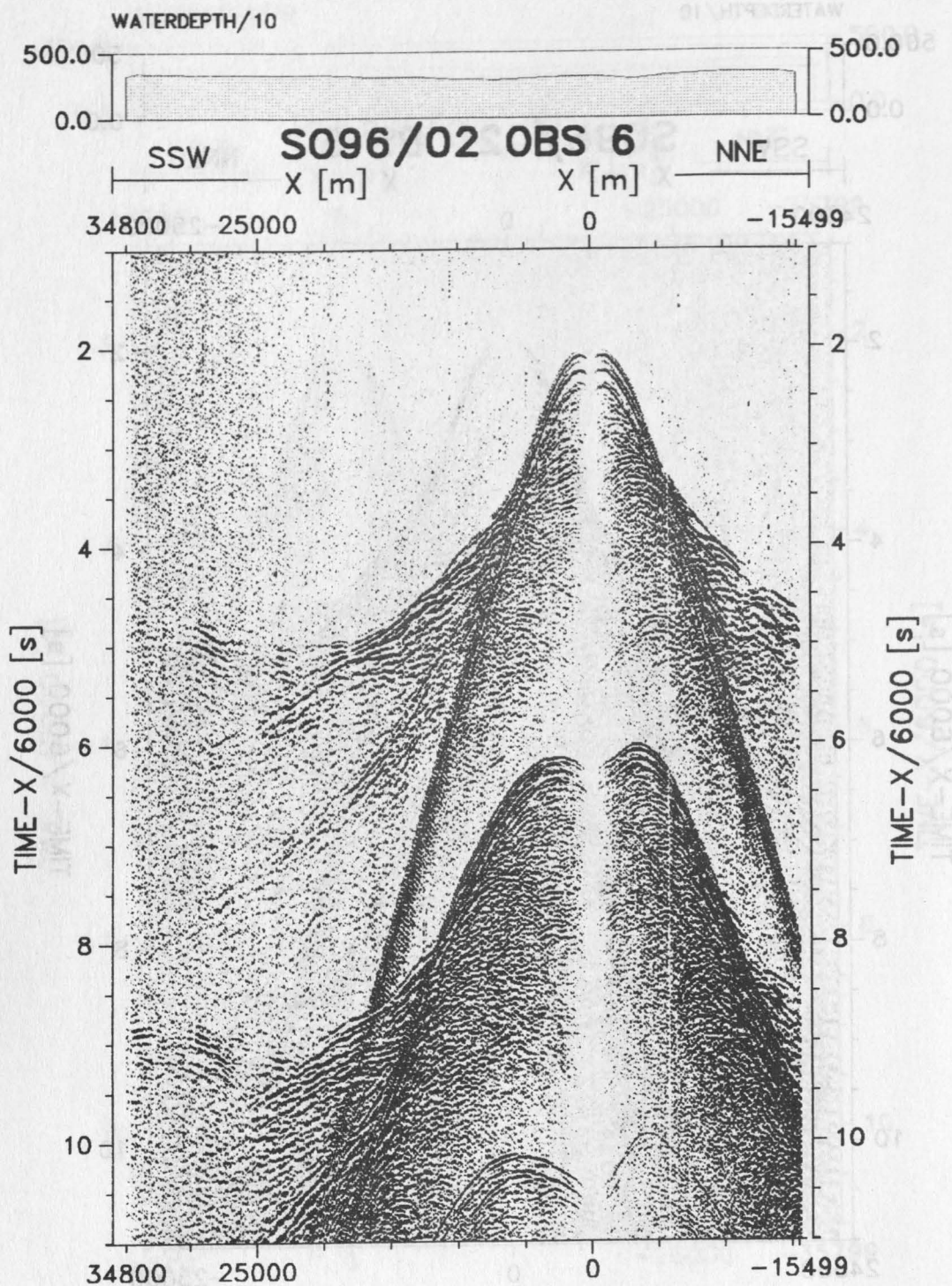


Abbildung 5.6.4.2.3 Seismogrammsection der OBS-Position 6 auf Profil 2. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

Profil 2

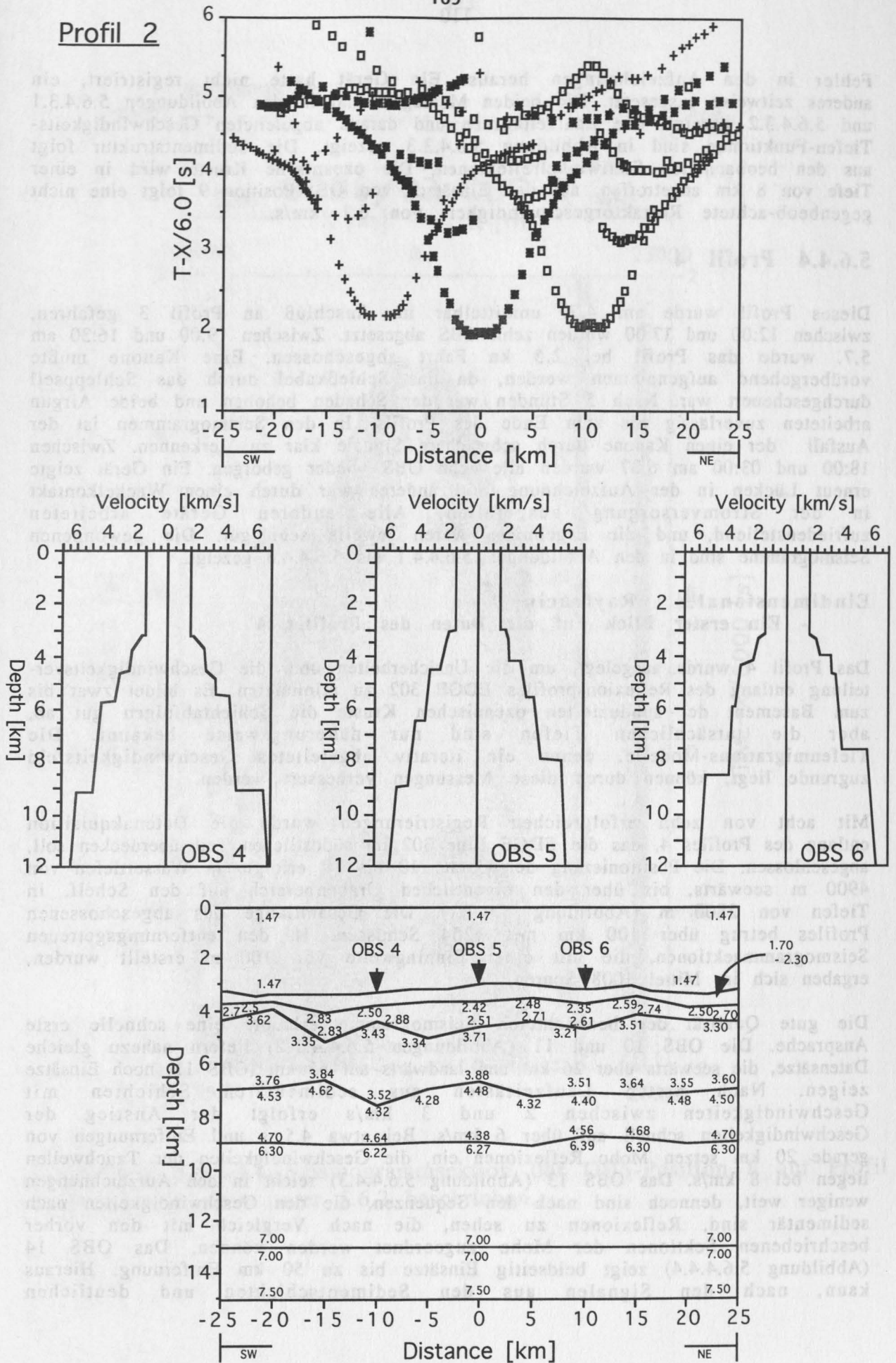


Abbildung 5.6.4.2.4: Vorläufige Interpretation von Profil 2

Fehler in den Aufzeichnungen heraus. Ein Gerät hatte nicht registriert, ein anderes zeitweise ausgesetzt. Die beiden Montagen sind in den Abbildungen 5.6.4.3.1 und 5.6.4.3.2 gezeigt. Die Laufzeitkurven und daraus abgeleiteten Geschwindigkeits-Tiefen-Funktionen sind in Abbildung 5.6.4.3.3 gezeigt. Die Sedimentstruktur folgt aus den beobachteten Steilwinkelreflexionen, Die ozeanische Kruste wird in einer Tiefe von 8 km angetroffen, aus den Einsätzen von OBS-Position 9 folgt eine nicht gegenbeobachtete Refraktorgeschwindigkeit von 6.1 km/s.

5.6.4.4 Profil 4

Dieses Profil wurde am 4.7. unmittelbar im Anschluß an Profil 3 gefahren, zwischen 12:00 und 17:00 wurden zehn OBS abgesetzt. Zwischen 19:00 und 16:30 am 5.7. wurde das Profil bei 2.5 kn Fahrt abgeschossen. Eine Kanone mußte vorübergehend aufgenommen werden, da das Schießkabel durch das Schleppseil durchgescheuert war. Nach 5 Stunden war der Schaden behoben und beide Airgun arbeiteten zuverlässig bis zum Ende des Profils. In den Seismogrammen ist der Ausfall der einen Kanone durch schwächere Signale klar zu erkennen. Zwischen 18:00 und 03:00 am 6.07 wurden alle zehn OBS wieder geborgen. Ein Gerät zeigte erneut Lücken in der Aufzeichnung, ein anderes war durch einen Wackelkontakt in der Stromversorgung ausgefallen. Alle anderen Geräte arbeiteten zufriedenstellend, und die Ergebnisse waren jeweils sehr gut. Die gewonnenen Seismogramme sind in den Abbildungen 5.6.4.4.1 bis 5.6.4.4.8 gezeigt.

Eindimensionales Raytracing

- Ein erster Blick auf die Daten des Profiles 4

Das Profil 4 wurde ausgelegt, um die Unsicherheiten über die Geschwindigkeitsverteilung entlang des Reflexionsprofils EDGE 302 zu minimieren. Es bildet zwar bis zum Basement der subduzierten ozeanischen Kruste die Schichtabfolgen gut ab, aber die tatsächlichen Tiefen sind nur näherungsweise bekannt. Die Tiefenmigrations-Modelle, denen ein iterativ abgeleitetes Geschwindigkeitsfeld zugrunde liegt, können durch diese Messungen verbessert werden.

Mit acht von zehn erfolgreichen Registrierungen wurde die Datenakquisition entlang des Profiles 4, das die EDGE Line 302 im südöstlichen Teil überdecken soll, abgeschlossen. Die Positionierung der Geräte 10 bis 19 erfolgte in Wassertiefen von 4900 m seewärts, bis über den eigentlichen Grabenbereich auf den Schelf, in Tiefen von 2800 m (Abbildung 5.6.1.1). Die Gesamtlänge des abgeschossenen Profiles betrug über 100 km mit 1254 Schüssen. In den entfernungsgetreuen Seismogrammsektionen, die mit einer Binningweite von 100 m erstellt wurden, ergaben sich im Mittel 1008 Spuren.

Die gute Qualität der beobachteten Seismogramme erlaubte eine schnelle erste Ansprache. Die OBS 10 und 11 (Abbildungen 5.6.4.4.1-2) liefern nahezu gleiche Datensätze, die seewärts über 26 km und landwärts auf 65 km (OBS 11) noch Einsätze zeigen. Nach ersten Laufzeitästen aus sedimentären Schichten mit Geschwindigkeiten zwischen 2 und 3 km/s erfolgt der Anstieg der Geschwindigkeiten schnell auf über 6 km/s. Bei etwa 4.5 s und Entfernungen von gerade 20 km setzen Moho Reflexionen ein, die Geschwindigkeiten der Tauchwellen liegen bei 8 km/s. Das OBS 13 (Abbildung 5.6.4.4.3) reicht in den Aufzeichnungen weniger weit, dennoch sind nach den Sequenzen, die den Geschwindigkeiten nach sedimentär sind, Reflexionen zu sehen, die nach Vergleich mit den vorher beschriebenen Sektionen der Moho zugeordnet werden können. Das OBS 14 (Abbildung 5.6.4.4.4) zeigt beidseitig Einsätze bis zu 50 km Entfernung. Hieraus kann, nach den Signalen aus den Sedimentschichten und deutlichen

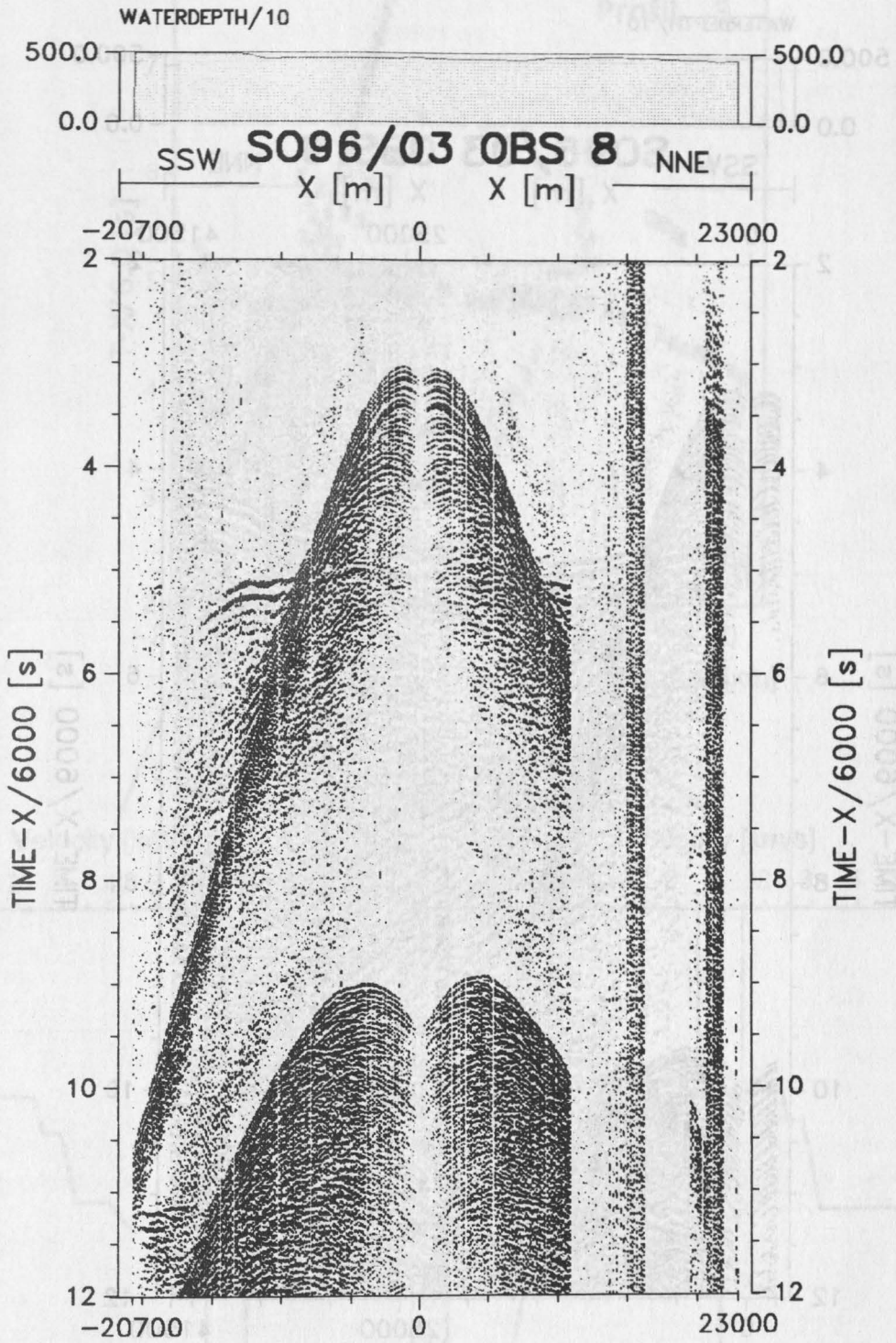


Abbildung 5.6.4.3.1 Seismogrammsection der OBS-Position 8 auf Profil 3. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

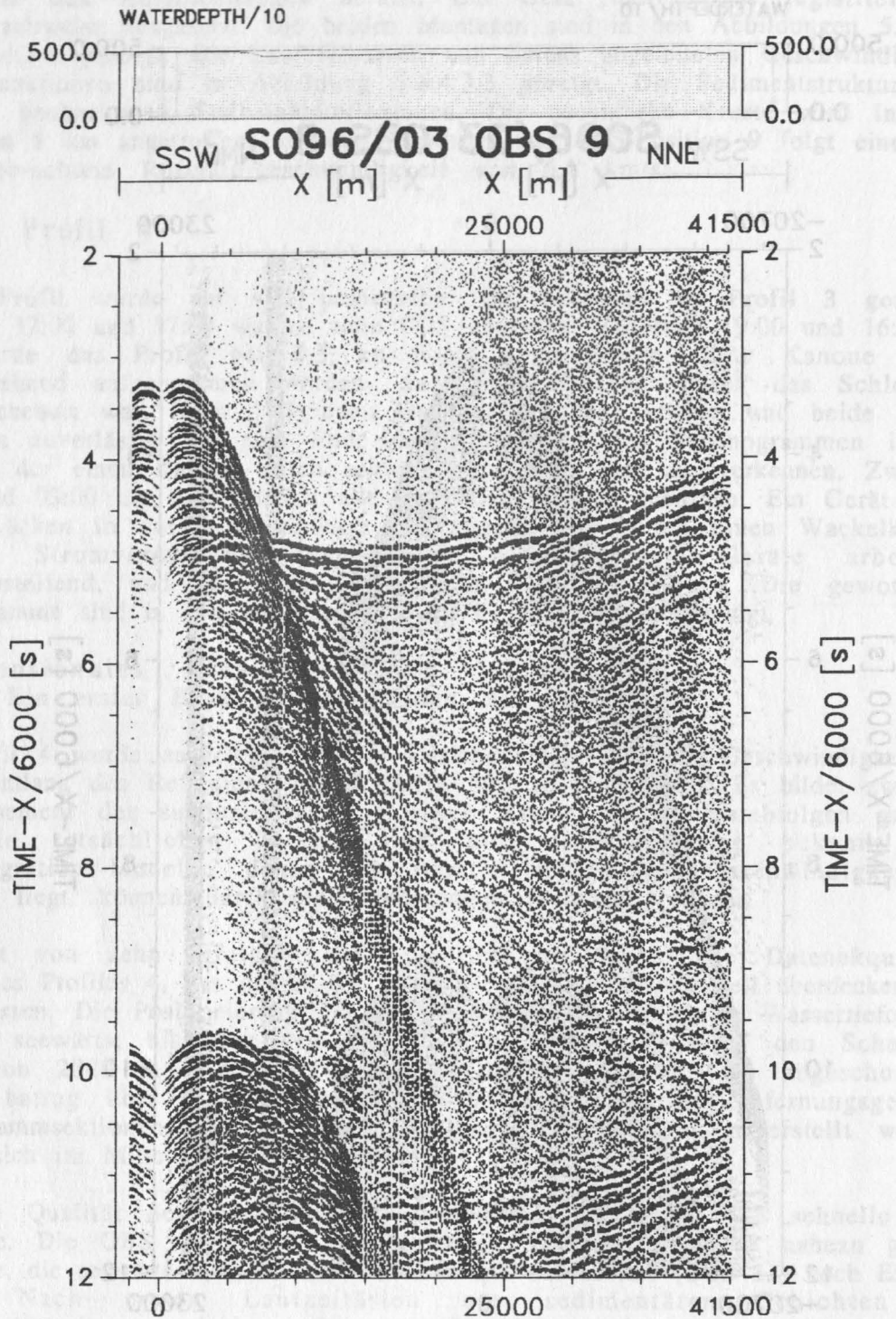


Abbildung 5.6.4.3.2 Seismogrammsection der OBS-Position 9 auf Profil 3. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben. Die Airgun wurde auf Profil 1 in einer Tiefe von 30 m gefahren.

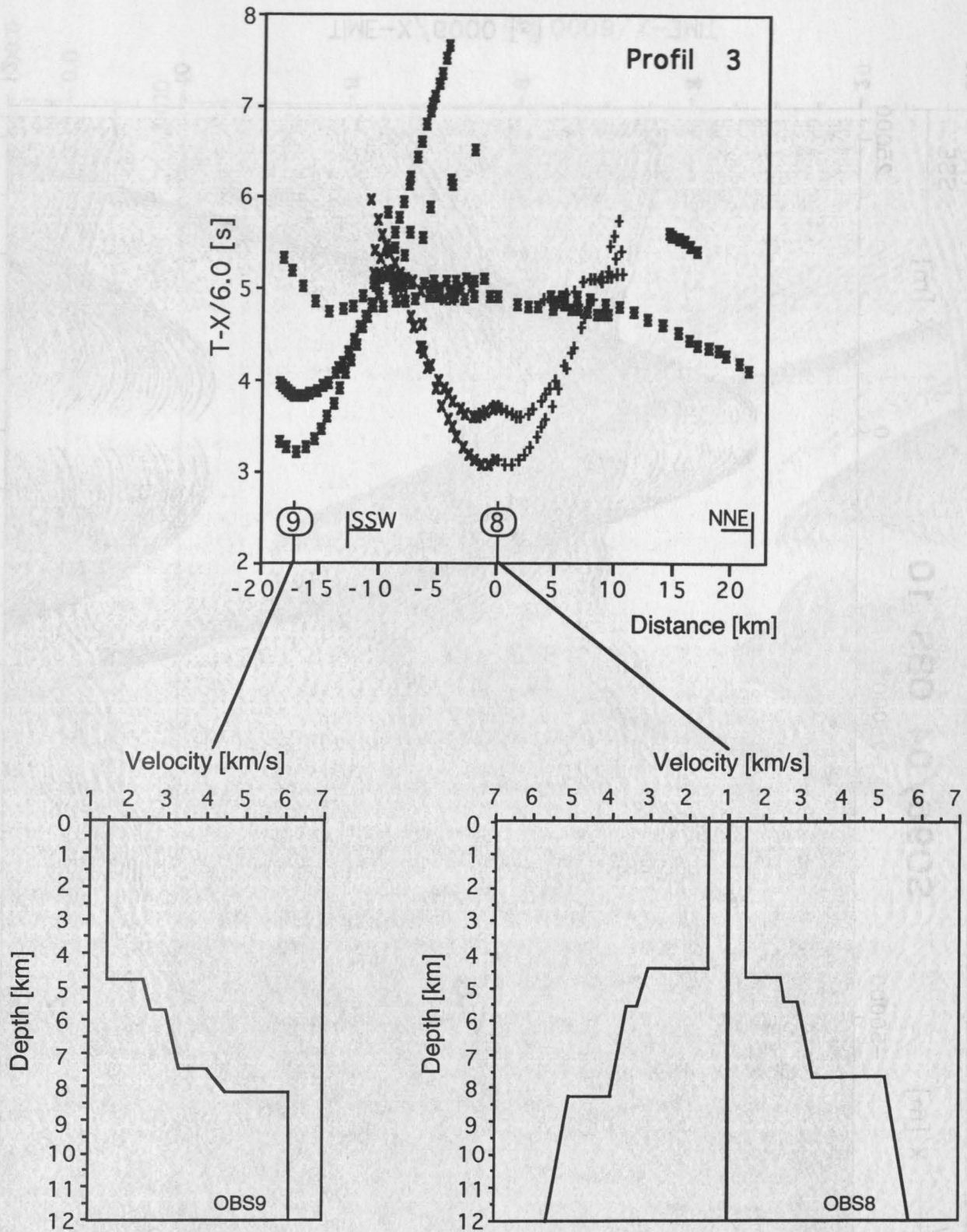


Abbildung 5.6.4.3.3 Profil 3: Laufzeiten, Geschwindigkeitstiefenfunktionen

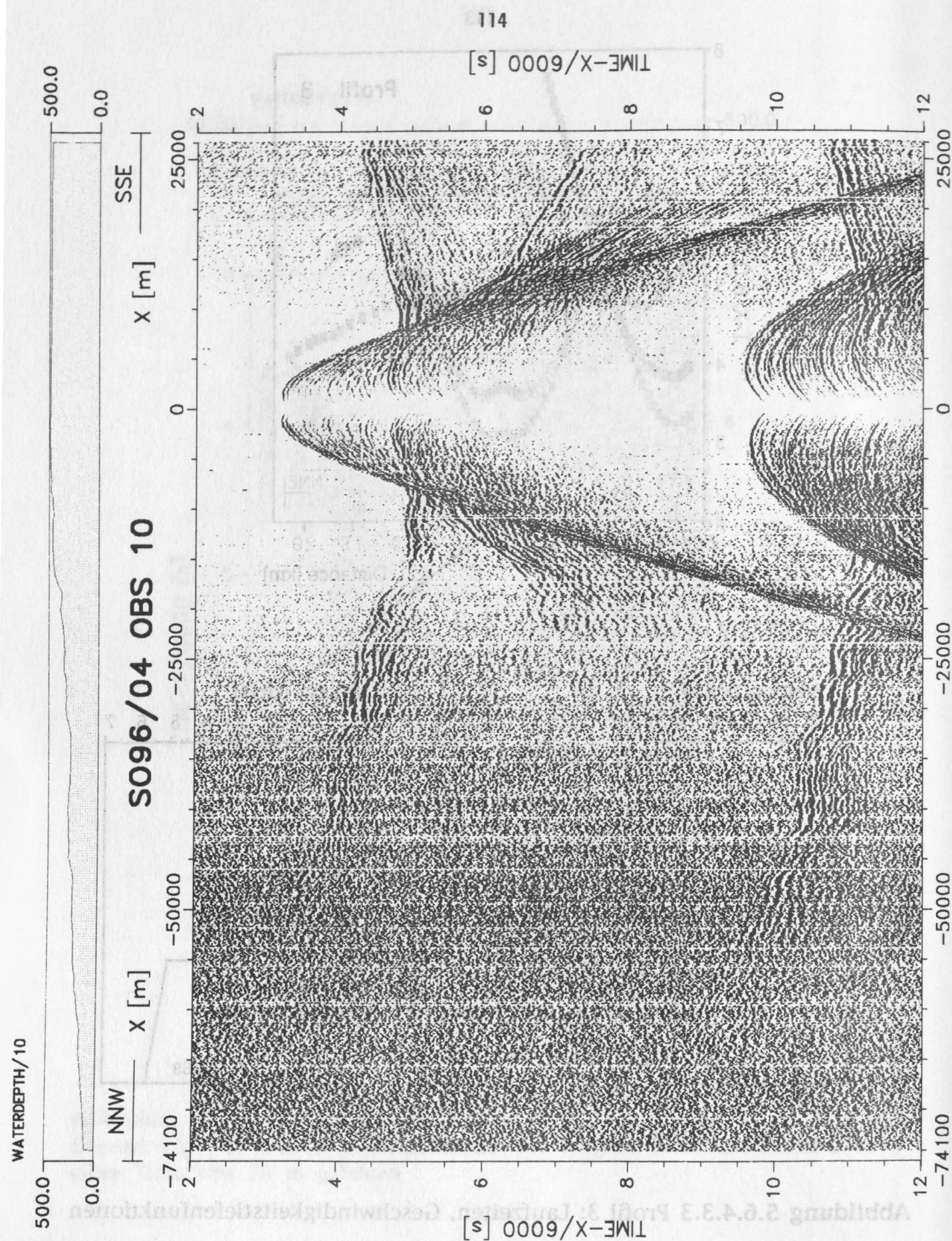


Abbildung 5.6.4.4.1 Seismogrammsection der OBS-Position 10 auf Profil 4. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

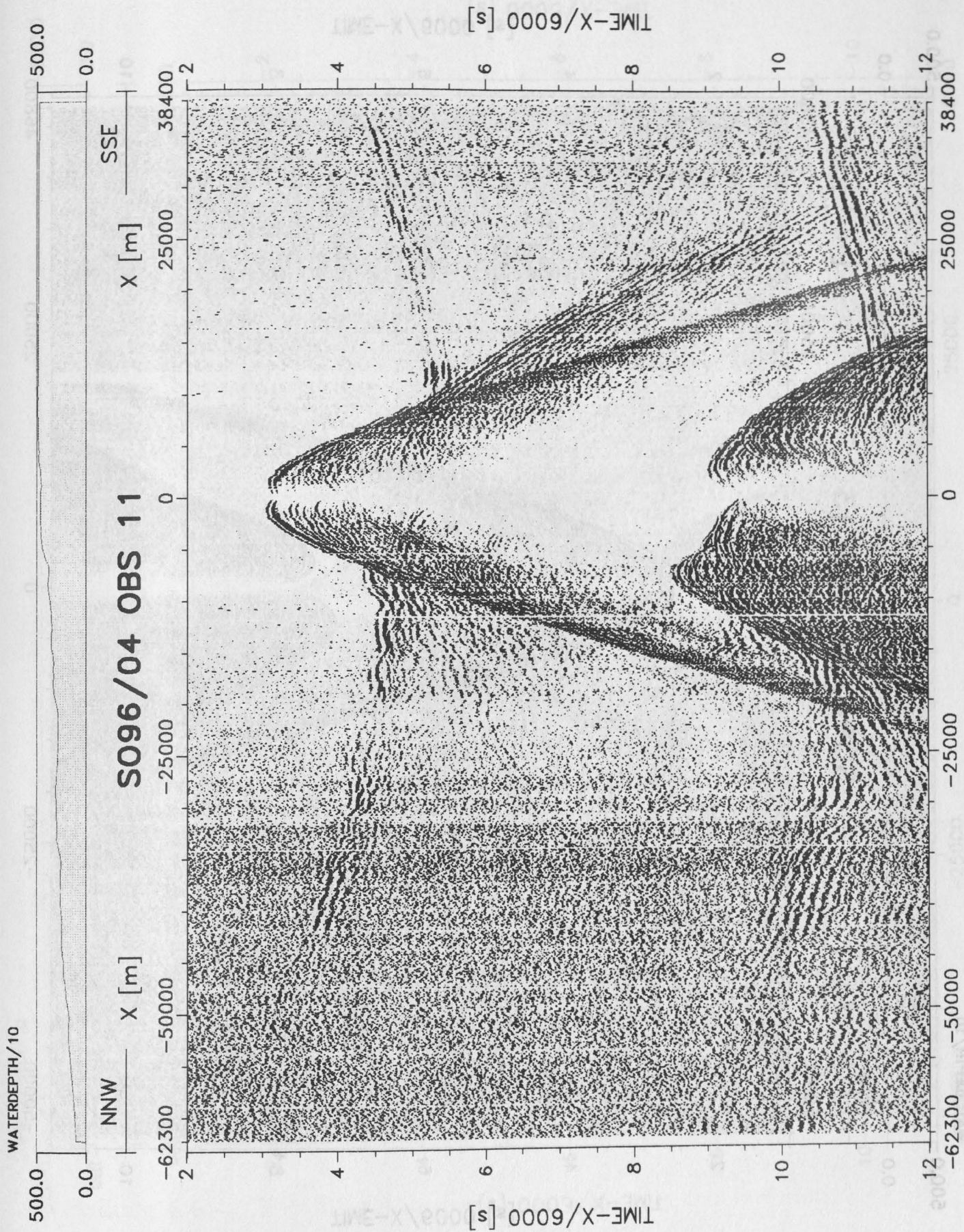


Abbildung 5.6.4.4.2 Seismogrammsection der OBS-Position 11 auf Profil 4. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

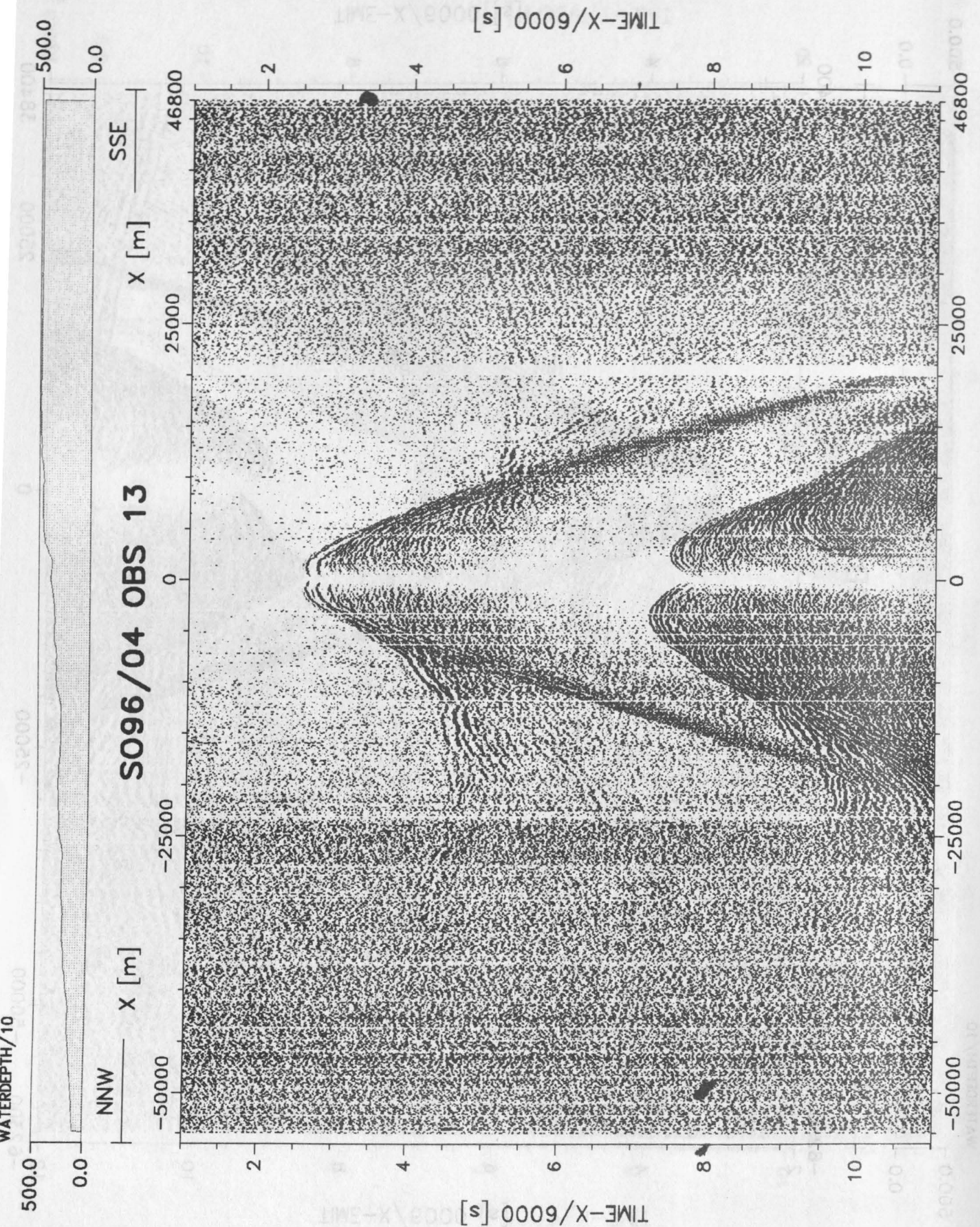


Abbildung 5.6.4.4.3 Seismogrammsection der OBS-Position 13 auf Profil 4. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

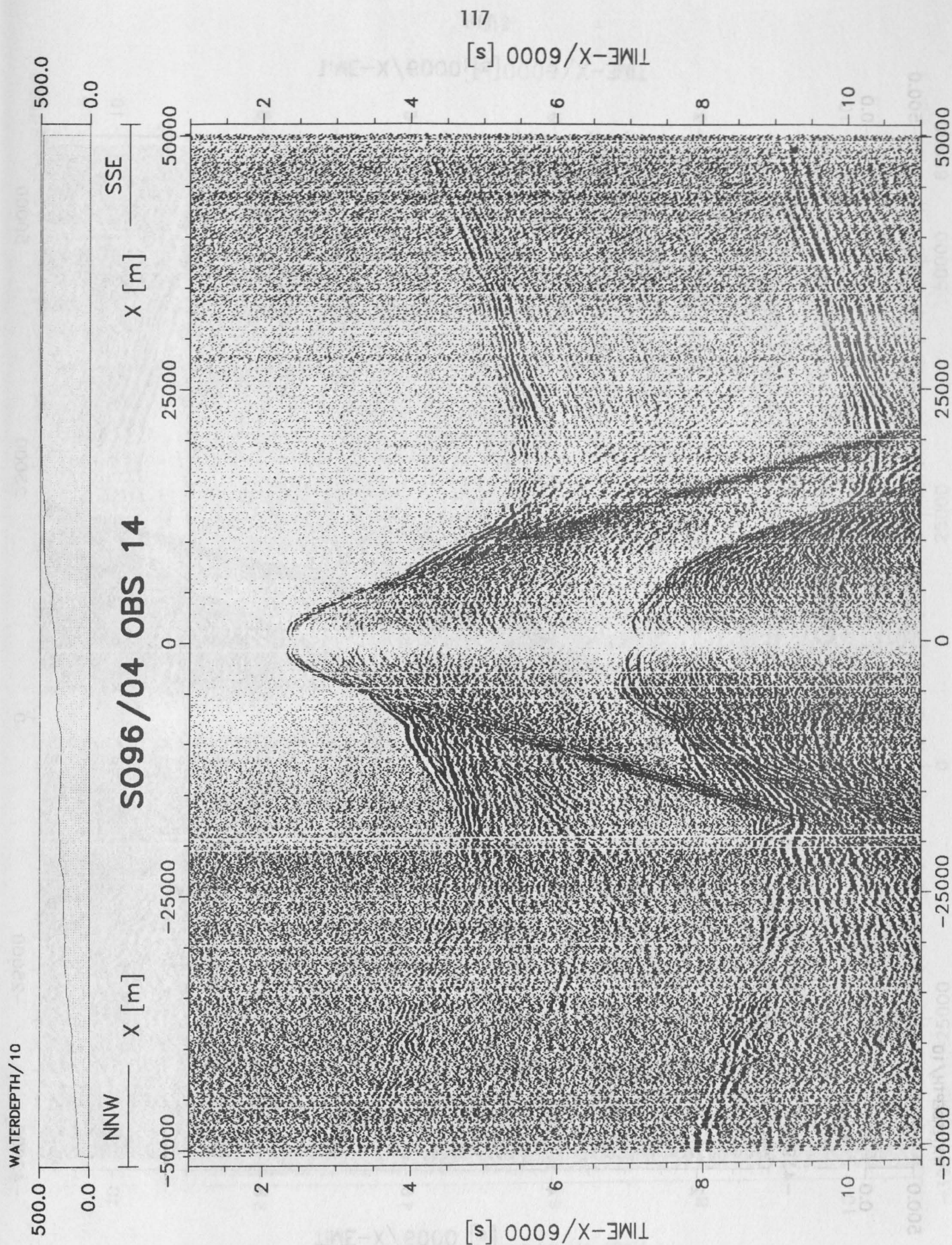


Abbildung 5.6.4.4.4 Seismogrammsection der OBS-Position 14 auf Profil 4. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

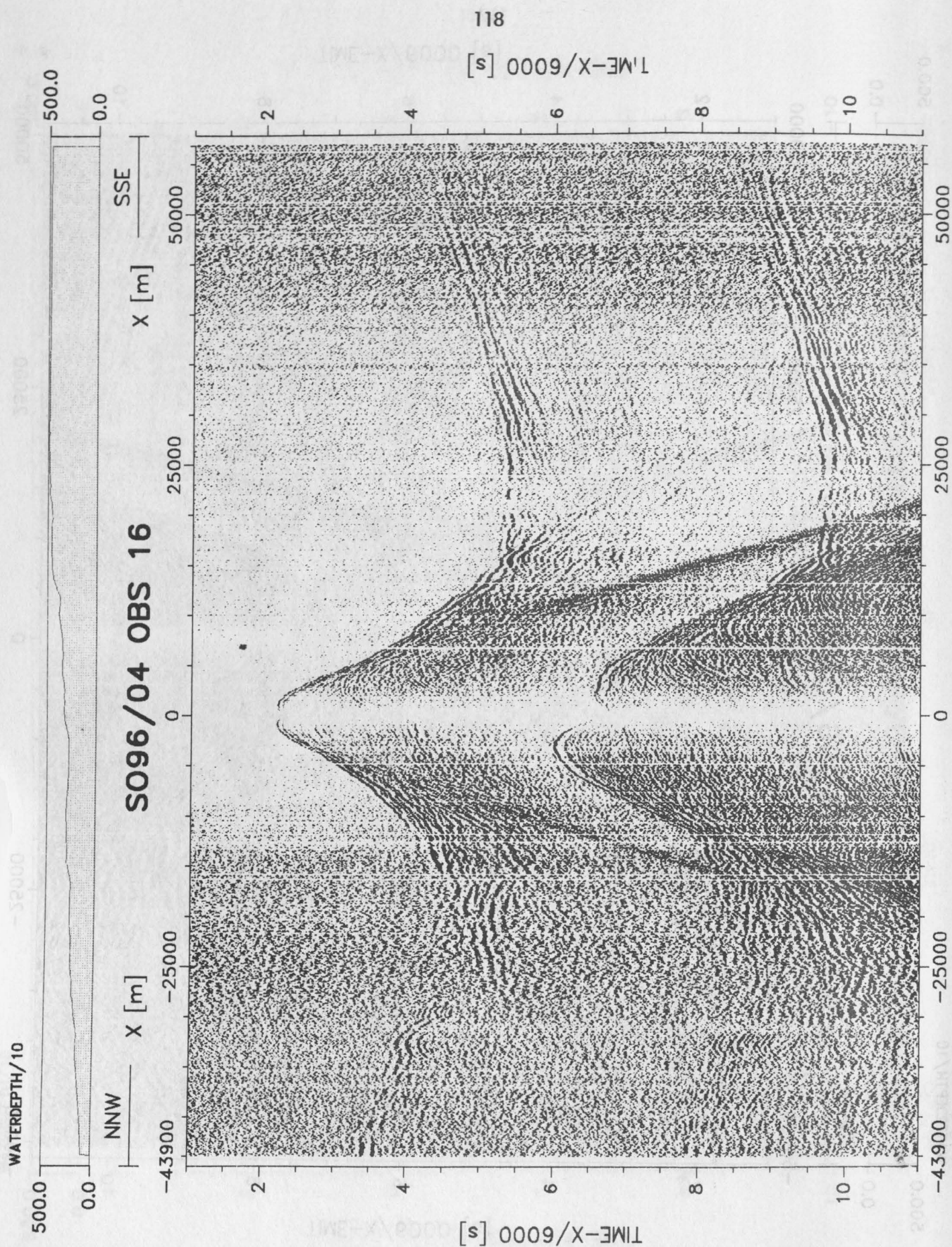


Abbildung 5.6.4.4.5 Seismogrammsection der OBS-Position 16 auf Profil 4. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

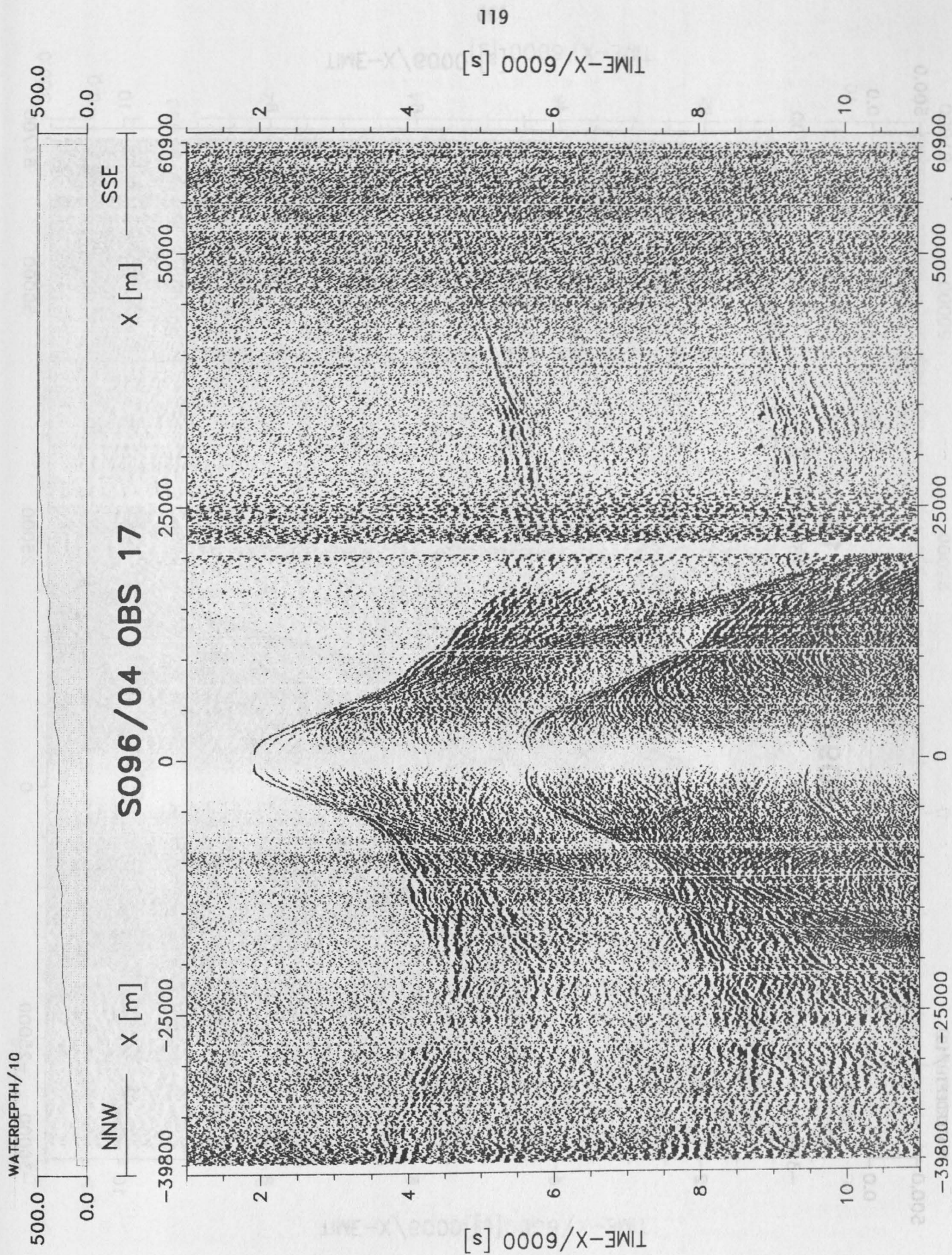


Abbildung 5.6.4.4.6 Seismogrammsection der OBS-Position 17 auf Profil 4. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

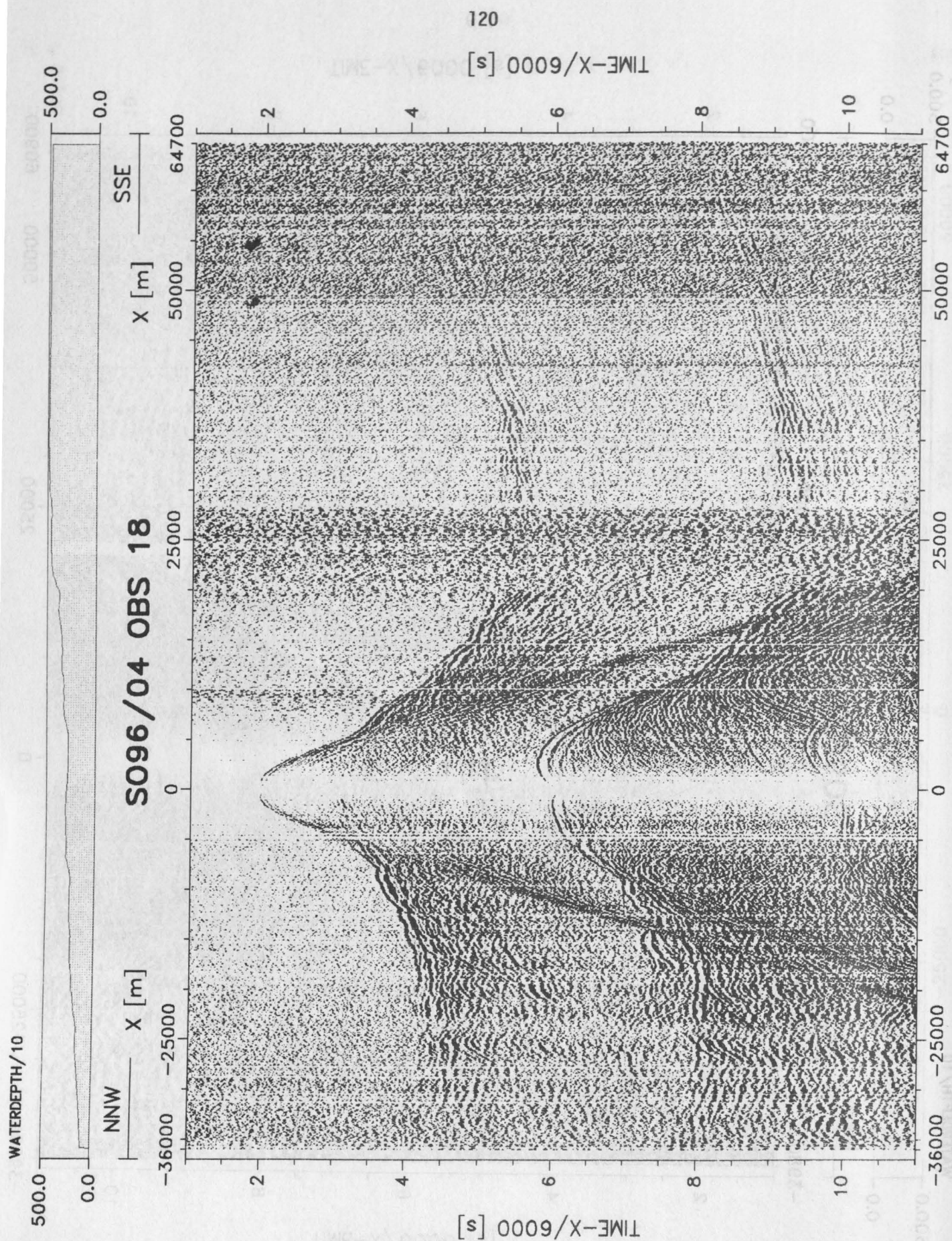


Abbildung 5.6.4.4.7 Seismogrammsection der OBS-Position 18 auf Profil 4. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

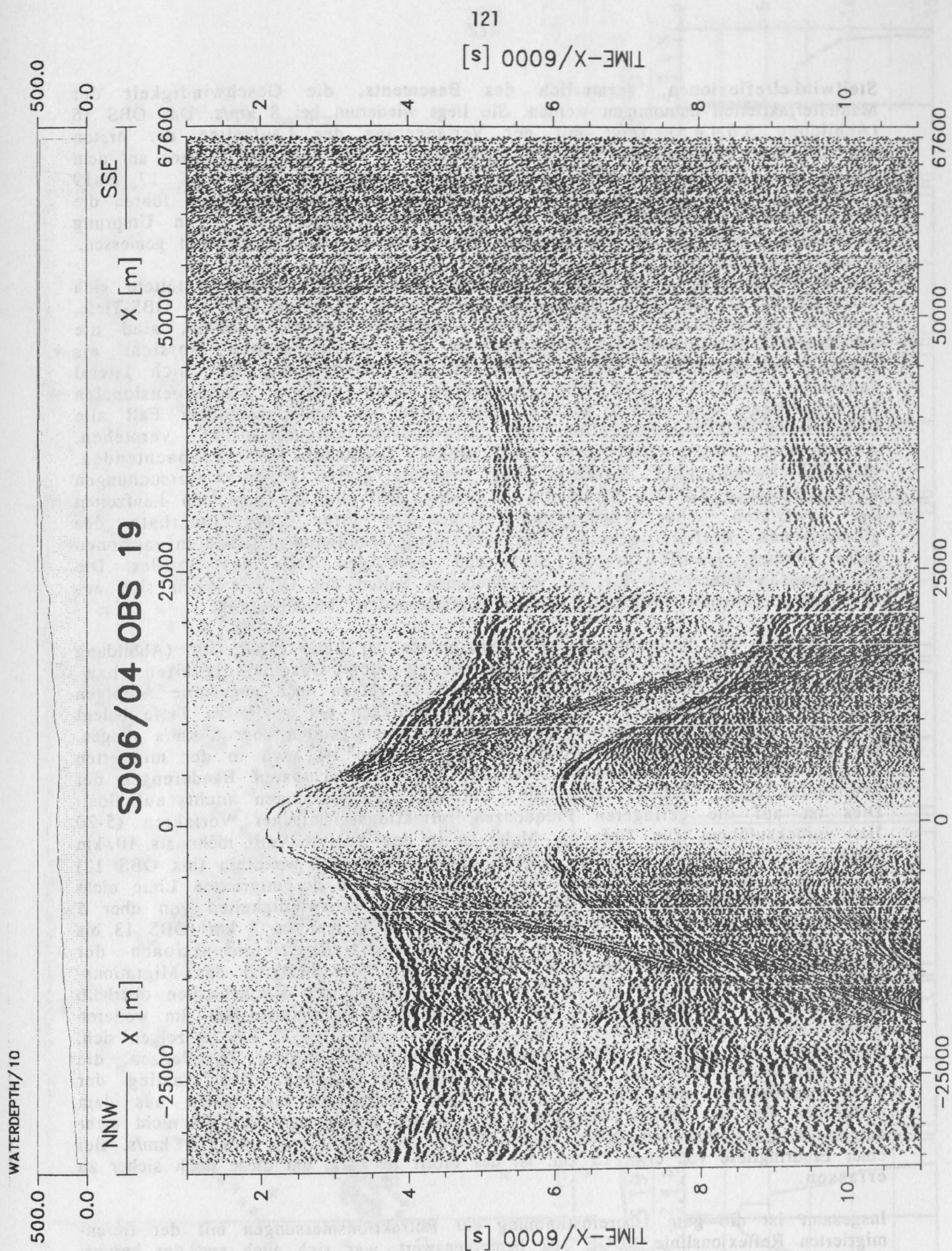


Abbildung 5.6.4.4.8 Seismogrammsection der OBS-Position 19 auf Profil 4. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

Steilwinkelreflexionen, vermutlich des Basements, die Geschwindigkeit der Mantelrefraktierten entnommen werden. Sie liegt wiederum bei 8 km/s. Das OBS 16 (Abbildung 5.6.4.4.5) zeigt mit der Verlängerung der Laufzeiten der ersten Schichten eine Zunahme der Tiefe des Basements an. Die Lage des Gerätes auf dem ansteigenden akkretionären Bereich stützt diese Vermutung. Die OBS 17 bis 19 (Abbildungen 5.6.4.4.6-8) mit nahezu 100 km weit reichenden Einsätzen führen die beobachteten Schichtabfolgen fort, die Steilwinkelreflexionen, die ihren Ursprung wahrscheinlich am Top des Basements haben, werden bei ca. 5 s Laufzeit gemessen.

Die eindimensionale Modellierung der oben beschriebenen Daten gestaltete sich unkompliziert. Da aber außer auf die Quellentiefe, d.h. in diesem Fall die OBS-Tiefe, auf das Meeresbodenrelief kein Einfluß genommen werden konnte, sind die berechneten Geschwindigkeitstiefenmodelle mit der gegebenen Vorsicht als Ergebnis zu betrachten. Auf die Wirkung von Topographie oder sich lateral ändernden Schichtverläufen oder Neigungen kann nur in zweidimensionalen Modellierungen eingegangen werden. Somit sind im eindimensionalen Fall alle berechneten Geschwindigkeiten als Scheingeschwindigkeiten zu verstehen. Ausnahmen mögen bei den, auf weite Distanzen zu beobachtenden, Mantelgeschwindigkeiten bestehen. Das Ergebnis dieser ersten Untersuchungen ist in Abbildung 5.6.4.4.9 dargestellt. Im oberen Teil sind die gepickten Laufzeiten der erwähnten acht Seismogrammsektionen in ihrer Lage innerhalb des geschossenen Profils gezeigt, darunter die Geschwindigkeitstiefenfunktionen jedes Gerätes, jeweils für die land- und seeseitigen Teile des Profils. Die differierenden Funktionen für die verschiedenen Seiten der OBS ergeben sich aus den angesprochenen Problemen der eindimensionalen Modellierung.

Der Vergleich mit der vorliegenden Tiefenmigration der Linie EDGE 302 (Abbildung 5.6.1.6) liefert eine gute Übereinstimmung der Geschwindigkeiten bzw. Mächtigkeiten der Schichten. Die OBS 10 und 11 zeigen noch ungestörte Abfolgen der ozeanischen Kruste, die mit sedimentären Auflagen bis zu 7 km Tiefe belegt sind. Das darauf folgende Basement läßt die Geschwindigkeiten über 5 km/s steigen. Der harte Übergang zwischen diesen beiden Einheiten ist auch in der migrierten Sektion durch starke Reflexionen vertreten. Die dort sichtbaren Bänderungen der Sedimentauflagen werden durch die Weitwinkeluntersuchungen nicht aufgelöst. Dies ist auf die geringeren Frequenzen refraktionsseismischer Verfahren (5-20 Hz.) zurückzuführen. Die Tiefe der Moho ist in den Analysen mit mehr als 10 km Tiefe und Geschwindigkeiten über 8 km/s ablesbar und fällt weiterhin (bis OBS 17) bis in 13.5 km Tiefe, die Krusten-Mantelgrenze wird von der migrierten Linie nicht dargestellt. Die Basementtiefe fällt, indiziert durch Geschwindigkeiten von über 5 km/s, innerhalb des weiteren Profilverlaufes, stetig bis Tiefen von 8 km (OBS 13 bis 19, außer OBS 16), wobei in den Geschwindigkeitstiefenfunktionen der Geschwindigkeitssprung geringer zu werden scheint. Dies bestätigt das Migrations-Geschwindigkeitsmodell, das im Bereich der OBS 10 bis 13 die Schichten oberhalb des Basements Geschwindigkeiten von bis zu 3600 m/s vermuten läßt. Im weiteren Verlauf jedoch steigen sie über 4 km/s. Im Bereich der OBS 17 bis 19 zeigen sich, übereinstimmend mit den Reflexionsdaten, Schichtgrenzen oder Impedanzen, die als einfallende Verwerfungen interpretiert werden können. Der Anstieg der Geschwindigkeiten mit der Tiefe ist gering, verglichen mit Daten aus dem seeseitigen Teil des Profils. Die Moho wird in den Daten von OBS 19 nicht mehr dargestellt, die Geschwindigkeiten erreichen nur noch Werte von unter 8 km/s. Bei einer Eindringtiefe von etwa 15 km, ist das Profil zu kurz, um diese noch sicher zu erfassen.

Insgesamt ist die gute Übereinstimmung der Refraktionsmessungen mit der tiefenmigrierten Reflexionslinie EDGE 302 bemerkenswert, was sich auch aus der hervor-

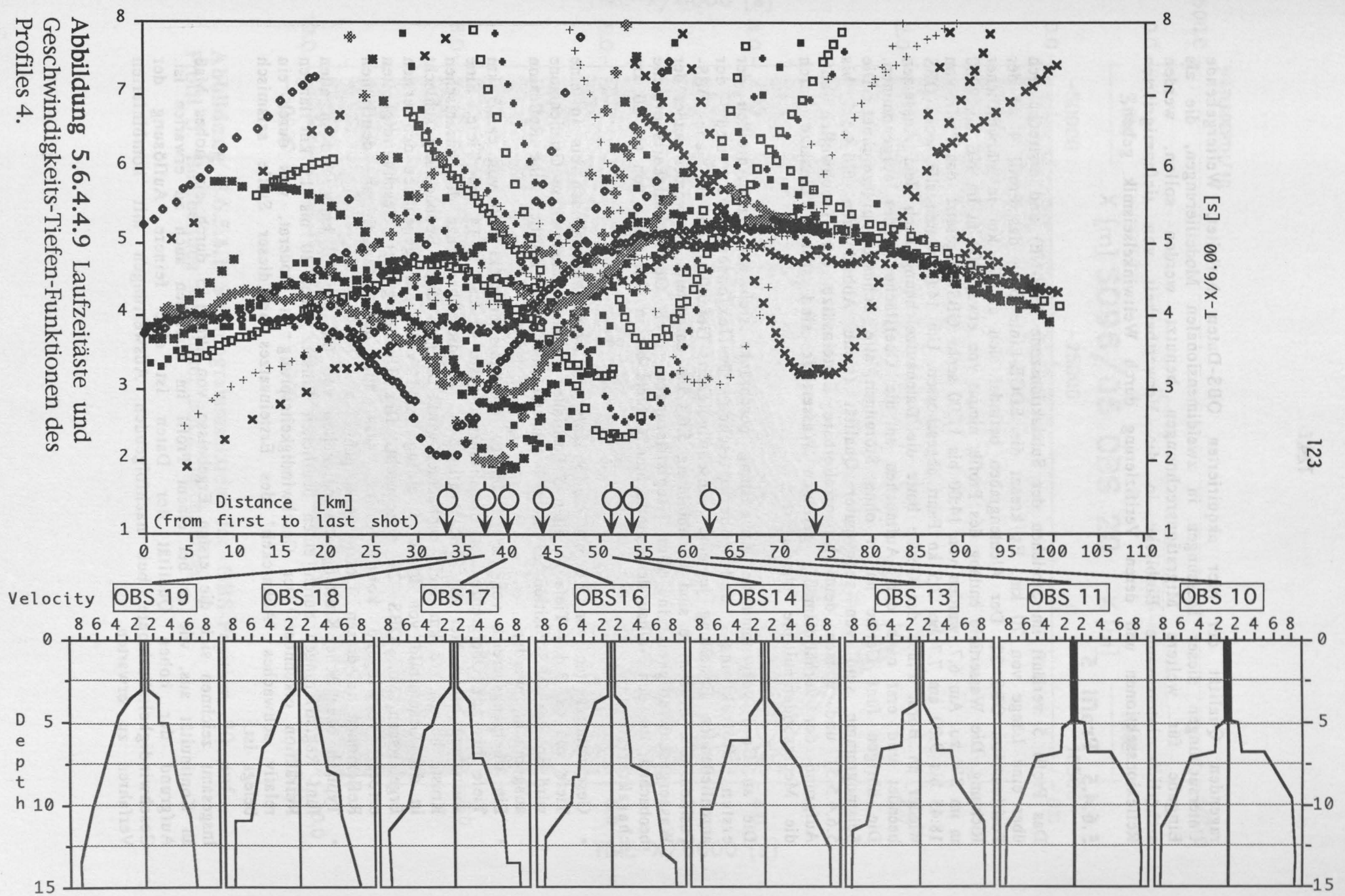


Abbildung 5.6.4.4.9 Laufzeitäste und Geschwindigkeits-Tiefen-Funktionen des Profils 4.

ragenden Qualität der hier akquirierten OBS-Daten herleitet. Weitergehende Untersuchungen dieser Messungen in zweidimensionalen Modellierungen, die als Eingabe für weitere Migrationsrechnungen benutzt werden sollen, werden sicherlich interessante Einblicke in die Verwertbarkeit von tiefenmigrierten Reflexionssektionen und deren Verifizierung durch Weitwinkelseismik geben.

5.6.4.5 Profil 5

Das Profil 5 verläuft im Streichen der Subduktionszone (SW-NE) und erstreckt sich über eine Länge von 70 km. Es kreuzt die EDGE-Linie bzw. das Profil 4 an der Position von OBS 22. Der Aleutengraben befindet sich ca. 70 km in südwestlicher Richtung. Die Wassertiefe entlang des Profils nimmt von etwa 1300 m im NE bis 2000 m im SW zu. Am 6.7. wurden von 14:00 bis 17:00 sechs OBS ausgesetzt; das Profil von 18:45 bis 9:00 am 7.7 bei 2.5 kn Fahrt abgeschossen. Um 14:00 waren alle sechs OBS wieder an Bord. Eines der Geräte hatte die Datenaufzeichnung nach dem Aussetzen beendet und erst nach dem Auftauchen an die Oberfläche wieder aufgenommen. Die übrigen fünf Geräte hatten ohne Störungen alle Schüsse aufgezeichnet. Die Seismogramme sind von sehr guter Qualität (siehe Abbildungen 5.6.4.5.1 bis 5.6.4.5.5) und weisen deutlich korrelierbare Ersteinsätze der Tauchwellen auf. Aufgrund der verhältnismäßig geringen Wassertiefe sind spätere Einsätze durch die Meeresbodenmultiple überlagert.

Die an Bord vorgenommene Auswertung beschränkt sich auf das Anreißen der ersten Refraktions- und überkritischen Reflexionseinsätze und der anschließenden Erstellung je einer Geschwindigkeits-Tiefenfunktion für jede OBS-Position. Die Ergebnisse sind in Abbildung 5.6.4.5.6. dargestellt. Es werden außer der Wassergeschwindigkeit in allen Registrierungen drei Geschwindigkeitsbereiche beobachtet, die den Aufbau des untersuchten Gebiets bis in eine Tiefe von ca. 20 km charakterisieren:

- Geschwindigkeiten von 2.0 bis ca. 3 km/s sind vom Meeresboden bis in eine Tiefe von ca. 3 km Tiefe an allen 5 Positionen zu beobachten. Diese Gradientzone wird an der OBS-Position 23 nicht beobachtet, hier kann deutlich eine Reflexion ausgemacht werden.
- Ein Übergangsbereich von ca. 3.0 bis ca. 6.0 km/s erstreckt sich von ca. 3 km Tiefe bis zur Obergrenze der ozeanischen Kruste in ca. 11-14 km Tiefe. Eine Ausnahme bildet hier die OBS-Position 24, wo die Obergrenze der ozeanischen Kruste bei ca. 18 km Tiefe beobachtet wird. Da sich diese Beobachtung schlecht in das Gesamtbild von Profil 5 einfügt, sind Vorbehalte gegenüber den ersten Ergebnissen von OBS 24 angebracht. Der Übergang der Geschwindigkeiten erfolgt vorwiegend kontinuierlich, was auf den Mangel an deutlichen Reflexionen in diesen Tiefen zurückgeht.
- Typisch ozeanische Krustengeschwindigkeiten von 6.5 bis 7.0 km/s sind in allen fünf Registrierungen durch einen deutlichen Einsatz einer 10 bis 15 km langen Refraktion erkennbar. Der Geschwindigkeitssprung ist moderat, was durch ein relativ schwaches "Abknicken" des Ersteinsatzes an dieser Stelle seismisch belegt ist.

Insgesamt zeichnen sich die ersten Ergebnisse von Profil 5 durch ein hohes Maß an Kontinuität aus, wie es bei einem Profil im Streichen auch zu erwarten ist. Aufgrund der hohen Qualität der Daten ist eine feinere Auflösung der Geschwindigkeitshorizonte bei nachfolgenden Auswertungen mit kombinierten Verfahren zu erwarten.

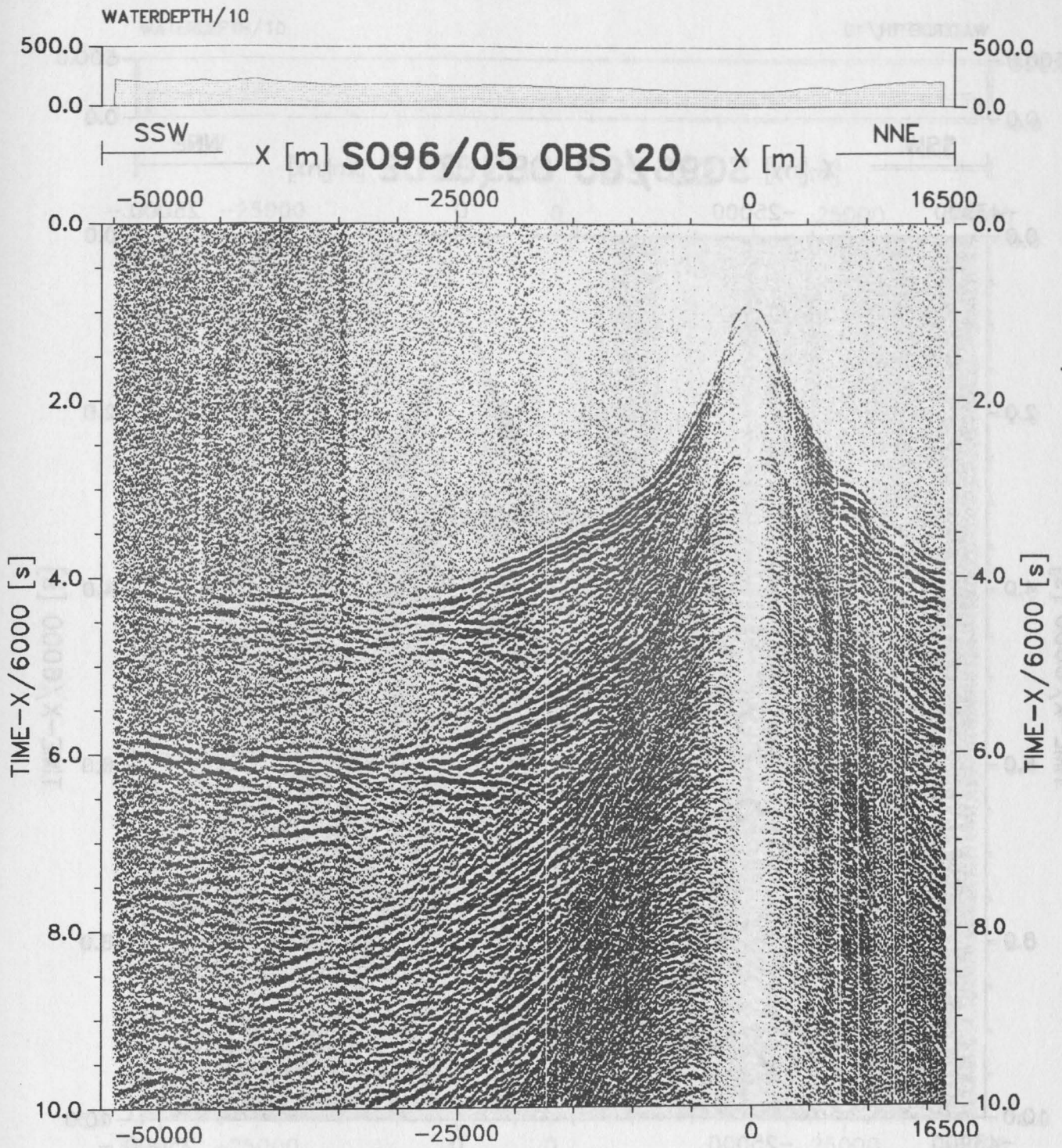


Abbildung 5.6.5.1.1 Seismogrammsection der OBS-Position 20 auf Profil 5. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

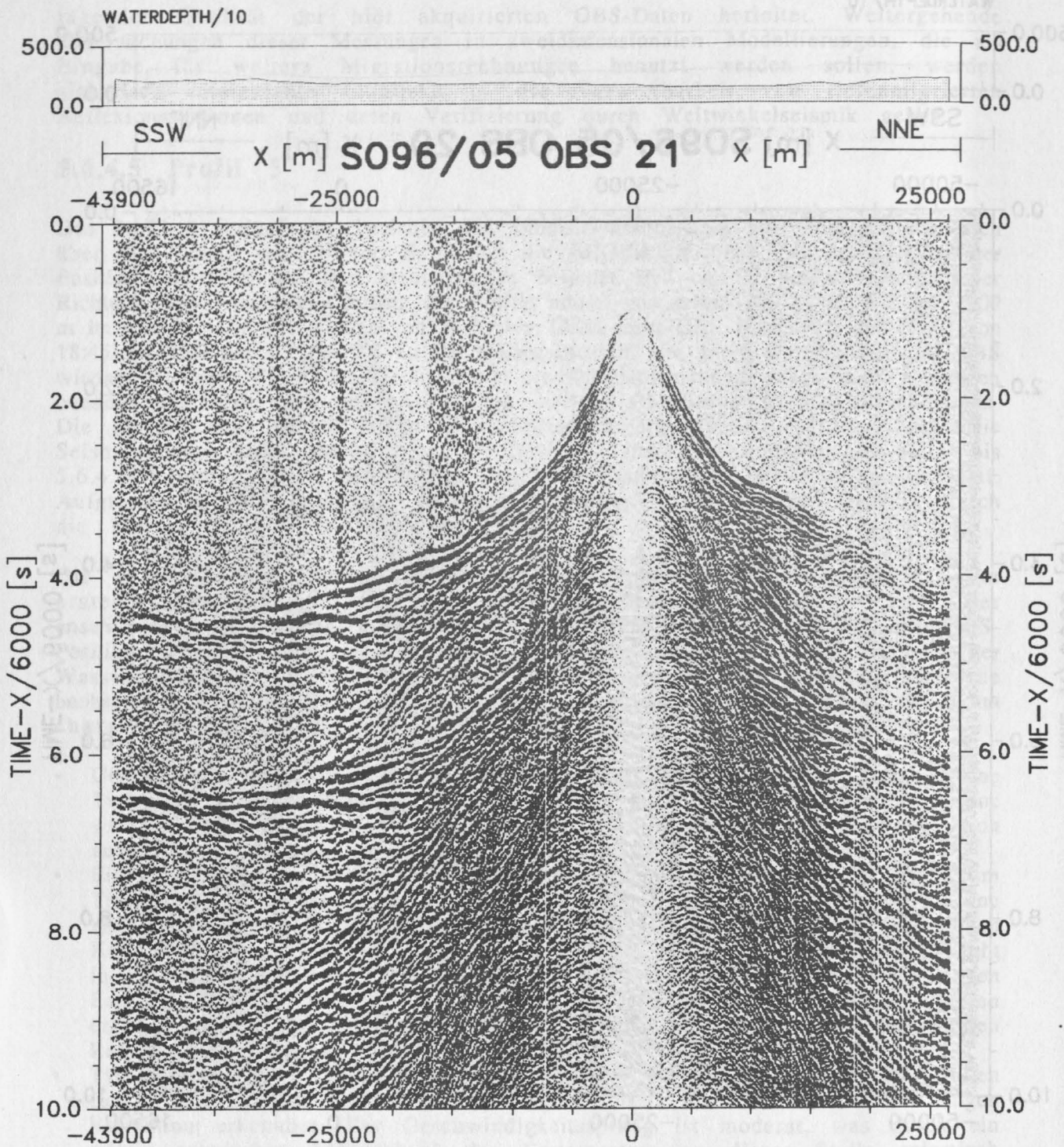


Abbildung 5.6.4.5.2 Seismogrammsection der OBS-Position 21 auf Profil 5. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

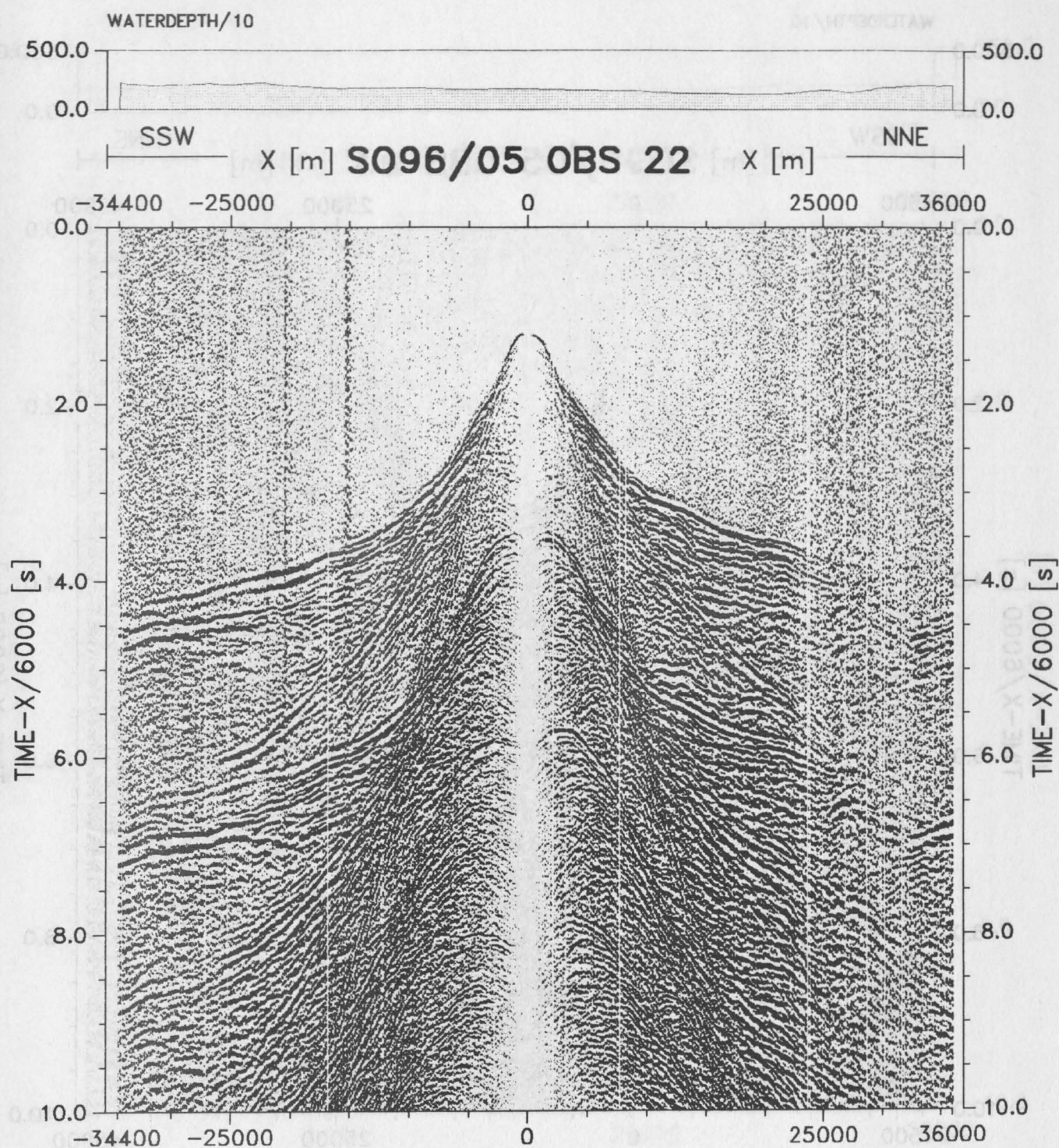


Abbildung 5.6.4.5.3 Seismogrammsection der OBS-Position 22 auf Profil 5. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

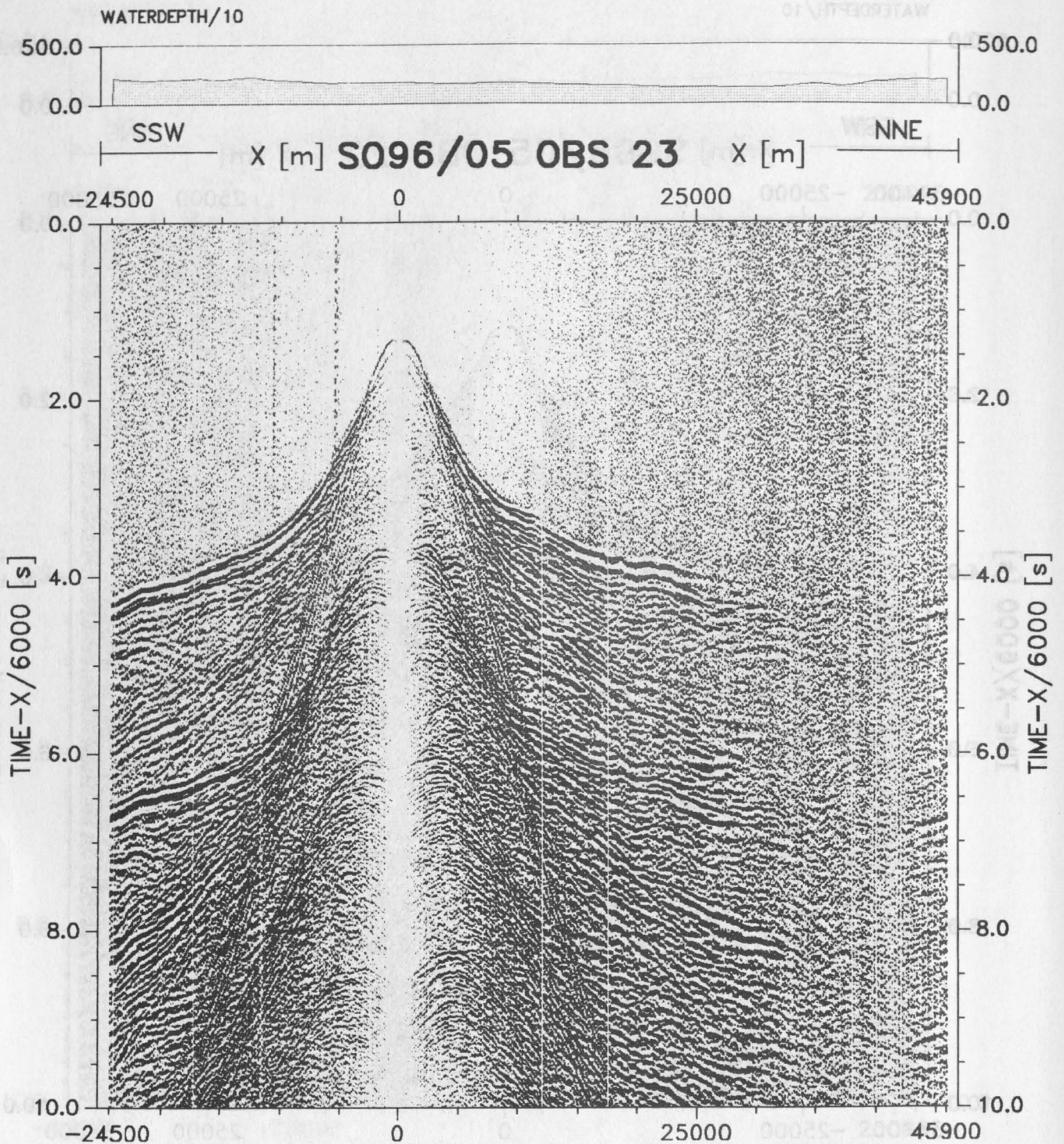


Abbildung 5.6.4.5.4 Seismogrammsection der OBS-Position 23 auf Profil 5. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

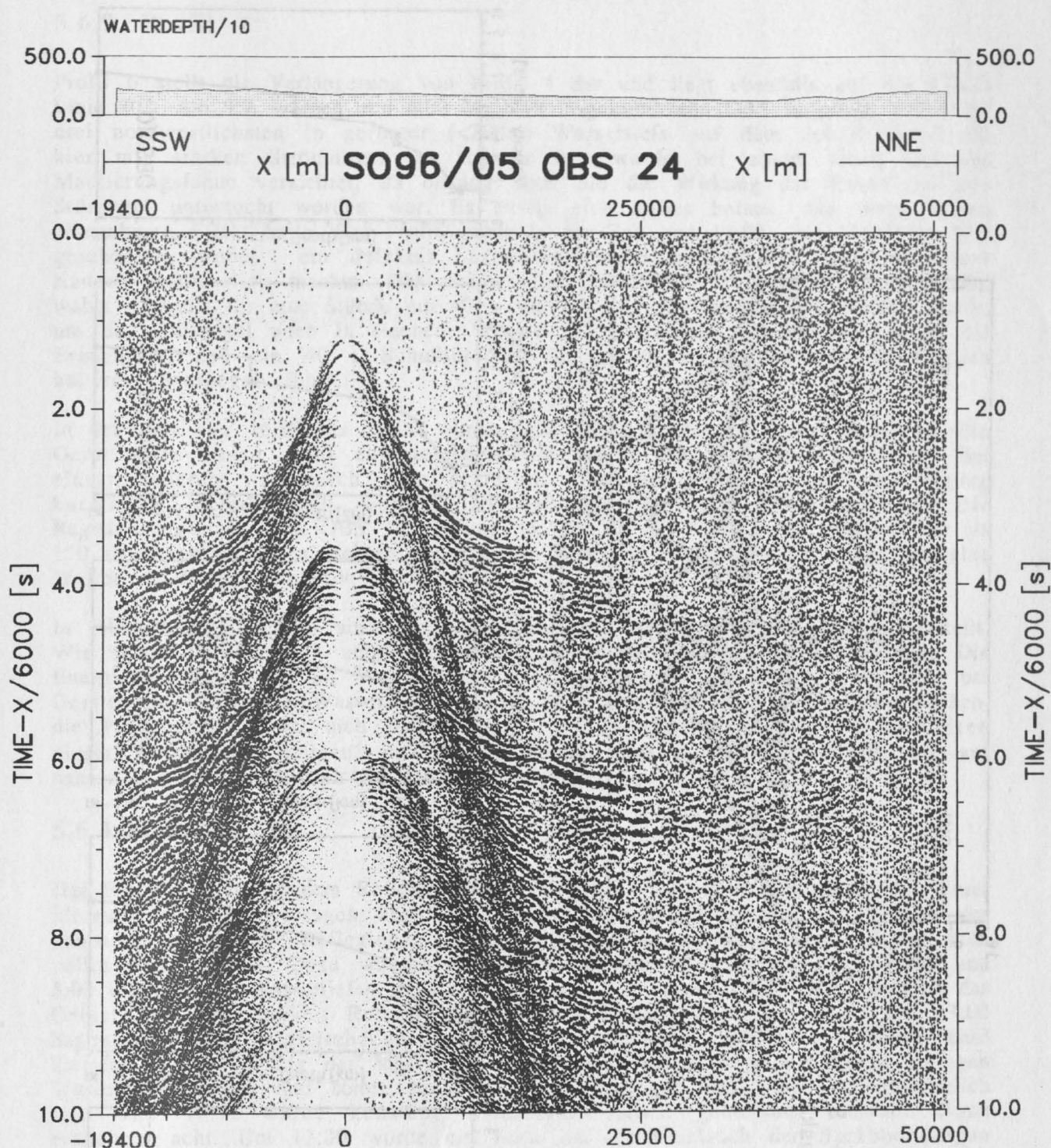
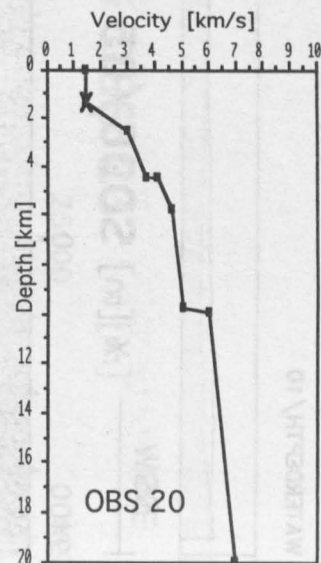
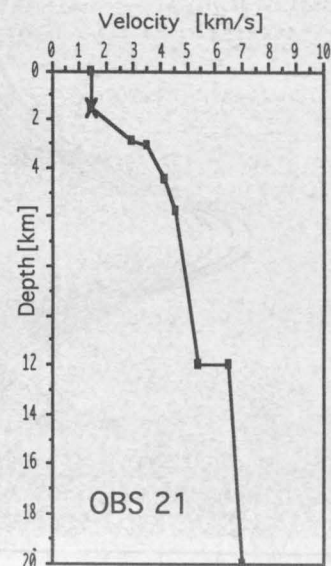
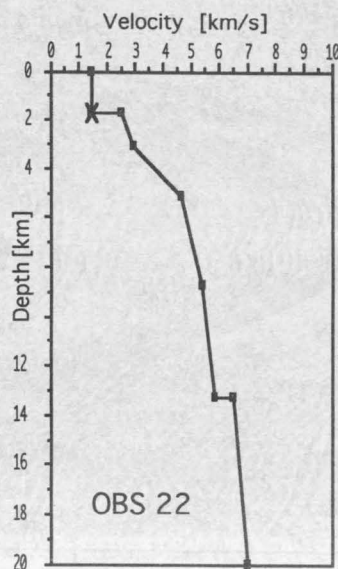
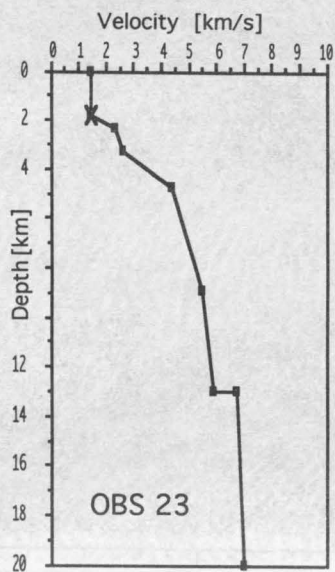
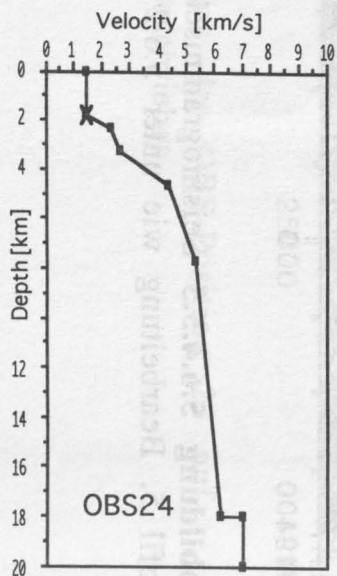
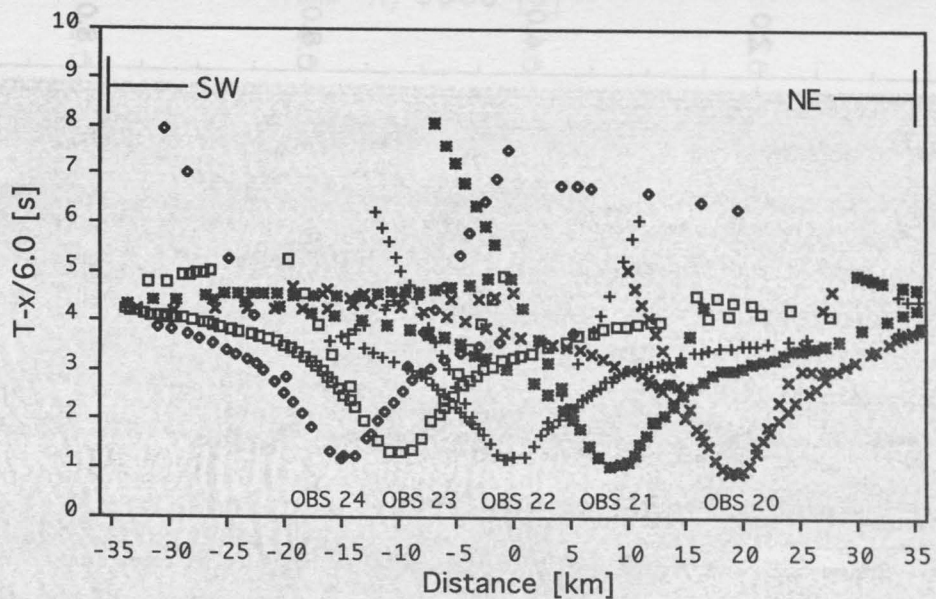


Abbildung 5.6.4.5.5 Seismogrammsection der OBS-Position 24 auf Profil 5. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

SO96-Profil 5
offshore Alaska



5.6.9 Profil 6

Profil 6 stellt die Verlängerung von Profil 4 dar und liegt ebenfalls auf der EDGE Linie 302. Am 9.7. wurden von 4:00 bis 8:30 insgesamt zehn OBS ausgelegt, wobei die drei nordwestlichsten in geringer ($<200\text{m}$) Wassertiefe auf dem Schelf lagen. Da hier mit starken Strömungen zu rechnen ist, wurde bei einem Gerät auf die Markierungsfahne verzichtet, da bislang noch nie die Wirkung der Fahne auf den Störpegel untersucht worden war. Es stellte sich später heraus, daß diese keinen erkennbaren Effekt hatte. Das Profil wurde in der Zeit von 11:00 bis 13:00 am 10.7. geschossen, wobei ein defekter Luftschlauch eine zweistündige Reparatur einer Kanone erforderlich machte. Das nordwestliche Ende wurde zweimal abgeschossen, wobei jeweils für eine Stunde ein 40 s und ein 80 s Triggerintervall gewählt wurde, um den Störpegel auch in flachem Wasser zu untersuchen. Auch hier zeigten die Ergebnisse, daß ein 40 s Schußintervall zu gering ist und zu einem deutlich höheren Störpegel führt.

In der Zeit von 16:00 bis 22:00 wurden alle OBS problemlos wieder geborgen. Ein Gerät hatte erneut nicht aufgezeichnet, wie schon bei vorherigen Einsätzen. Bei einem anderen war durch eine schlechte Steckverbindung die Stromversorgung kurzfristig unterbrochen worden, so daß die Zeitbasis entfallen war. Die Registrierungen der drei OBS 33, 34 und 35, die alle in Wassertiefen von weniger als 150 m abgesetzt waren, zeigen deutlich den Seegang und sind durch das schlechte Wetter nachhaltig negativ beeinflusst.

In Abbildung 5.6.4.6.10 sind die Laufzeiten aller Registrierungen zusammengestellt. Wie schon bei Profil 4 zeigt sich eine ausgeprägte Asymmetrie der Einsätze. Die Energieübertragung ist im Vergleich zu Profil 4 deutlich schwächer, vor allem bei Geräten in flacherem Wasser. Auf diesen sind Manteleinsätze nicht auszumachen, die Plattengrenze zeigt sich jedoch immer als deutliche Reflexion. Die t_0 -Zeiten dieser Reflexionen steigen, in Übereinstimmung mit dem EDGE Profil, bis auf nahezu 7 s Zweiweglaufzeit bei OBS-Position 35 an.

5.6.4.7 Profil 7

Das Profil 7 fällt mit dem Reflexionsprofil EDGE 301 zusammen. Das Hauptziel dieser Messung war es, Aussagen über die Geschwindigkeitstiefenstruktur im Bereich der beobachteten starken Reflexionen der Mittelkruste zu erhalten, deren Natur noch völlig ungeklärt ist. Dazu wurden in der Nacht vom 14./15.7. zwischen 22:00 und 5:00 elf OBS in Wassertiefen zwischen 100 und 200 m ausgelegt. Diese deckten das Gebiet mit den starken Reflexionen ab. Das Profil wurde am 15.7. um 13:00 begonnen, wobei auffrischende Winde und zunehmende Wellenhöhe schon bald Zweifel an dem Erfolg der Messungen aufkommen ließen, da alle OBS in geringen Wassertiefen lagen und somit der allgemeine Störpegel viel höher als gewöhnlich war. Am 16.7. wurde konstant Windstärke sieben gemessen, einzelne Böen erreichten acht. Um 11:00 wurde ein Leck im Druckschlauch der Backbord-Airgun bemerkt. Sie wurde eingeholt und es stellte sich heraus, daß das Führungsstück abgebrochen war und die Leitungen abgesichert hatte. Vermutlich ist dies auf eine Kollision mit Treibgut zurückzuführen. Trotz aller Bemühungen dauerte eine notdürftige Reparatur über zehn Stunden., und bei weiter fallendem Luftdruck und zunehmenden Winden wurde auf das erneute Ausbringen verzichtet. Um 24:00 wurde dann auch bei der Steuerbord-Airgun eine Leckage im Druckschlauch festgestellt und das Profil mußte 40 Meilen vor dem geplanten Ende abgebrochen werden. Die Leckage im Druckluftschlauch muß auf eine fertigungsbedingte

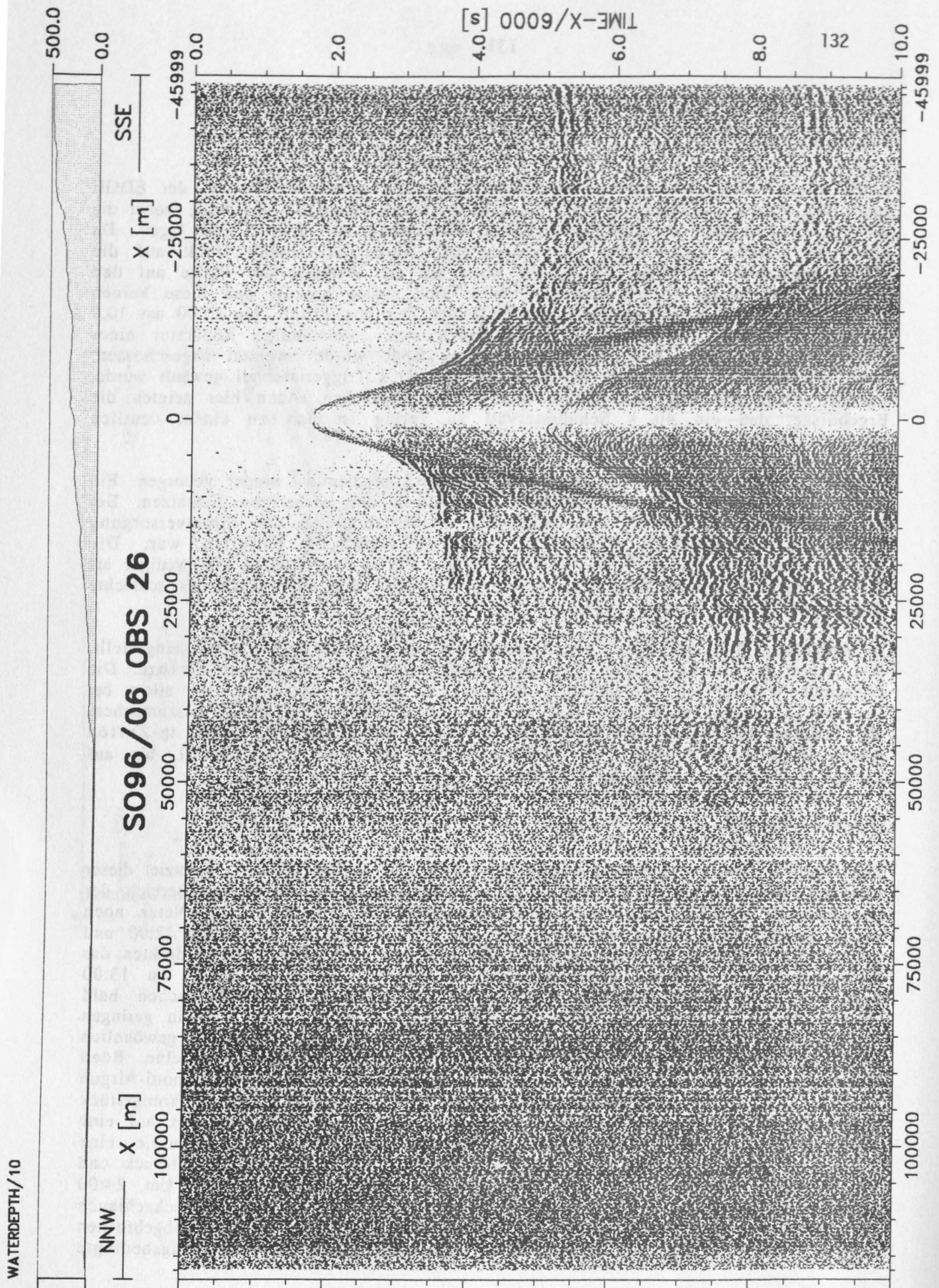


Abbildung 5.6.4.6.1 Seismogrammsection der OBS-Position 26 auf Profil 6. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

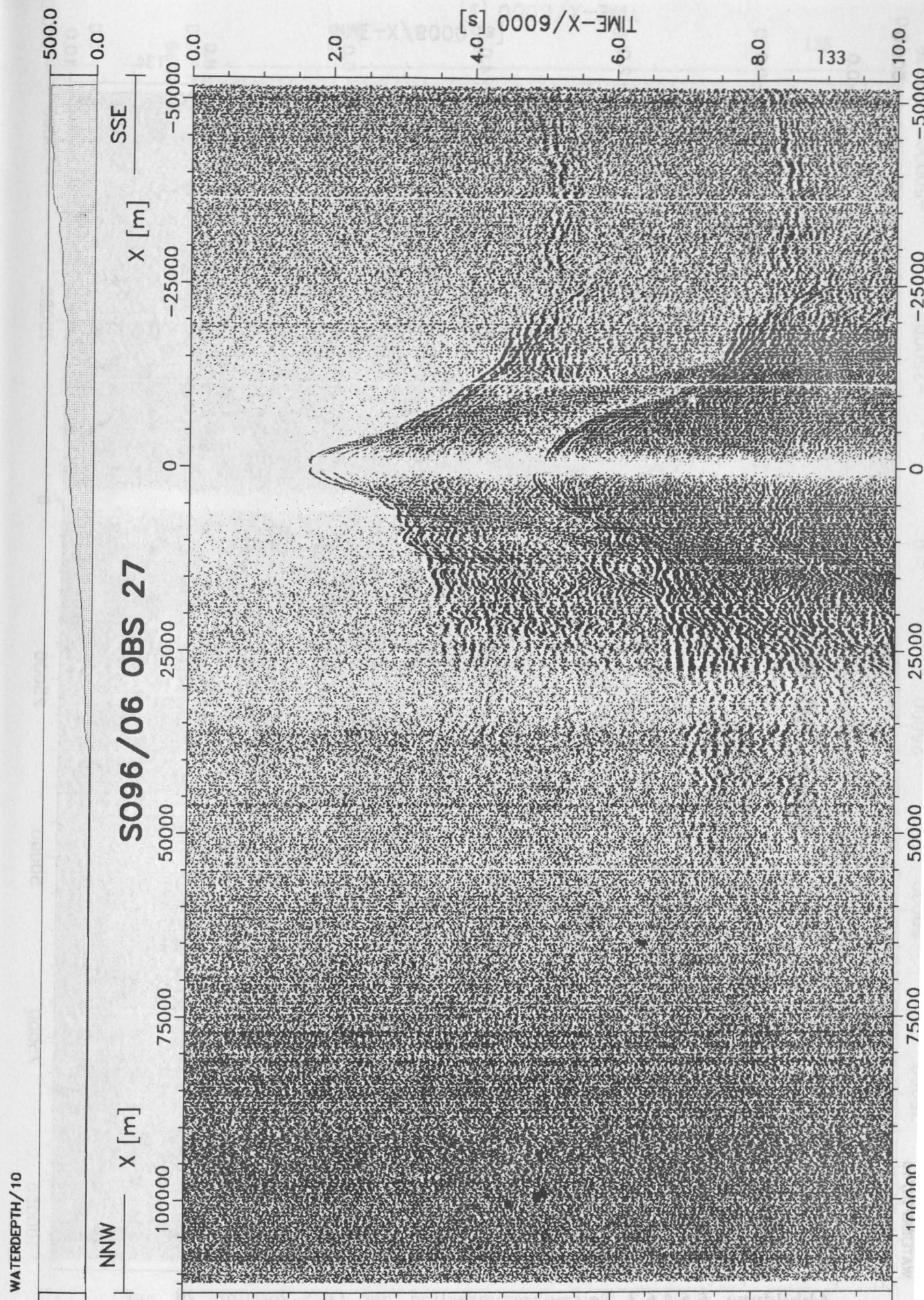


Abbildung 5.6.4.6.2 Seismogrammsection der OBS-Position 27 auf Profil 6. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

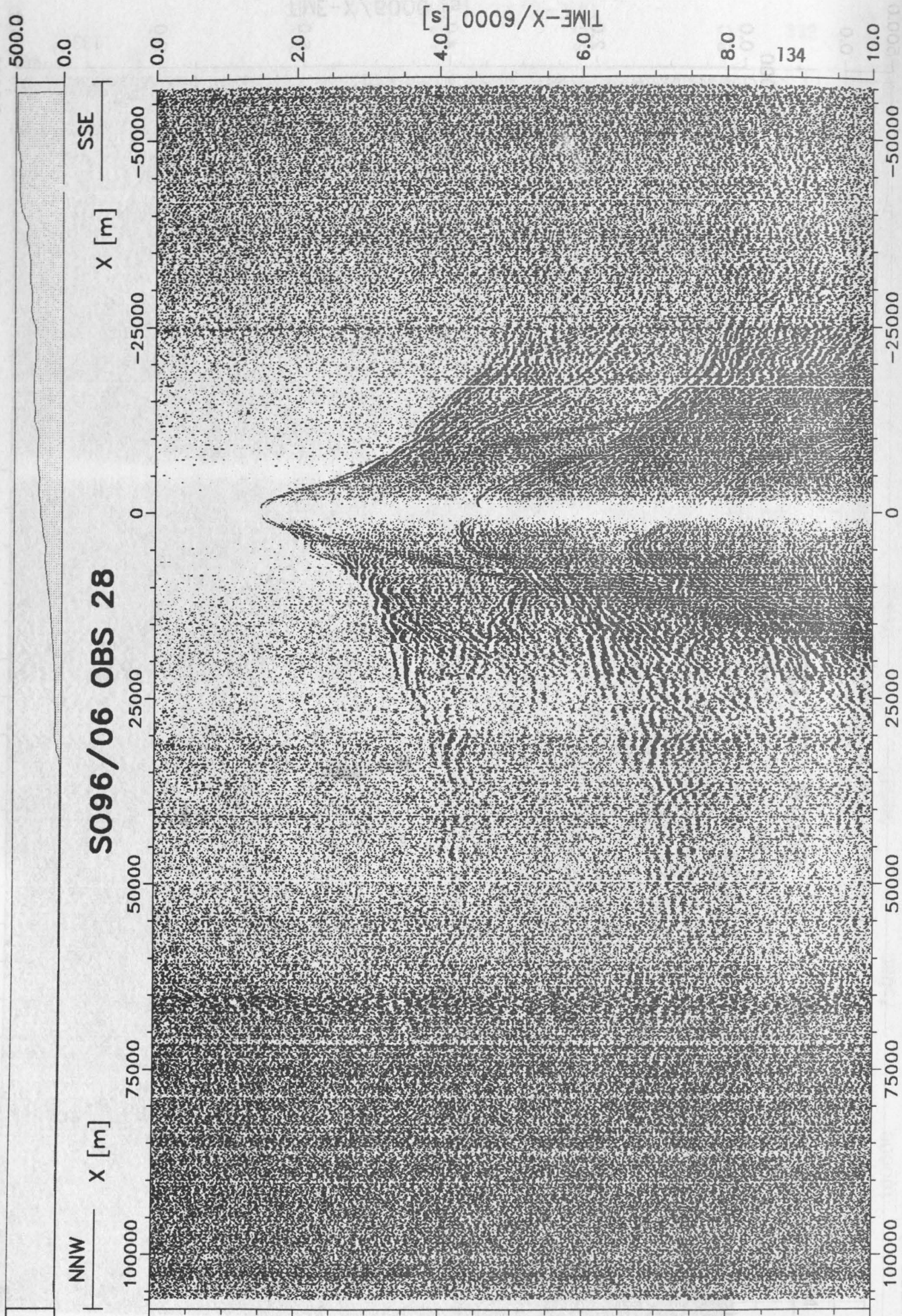


Abbildung 5.6.4.6.3 Seismogrammsection der OBS-Position 28 auf Profil 6. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

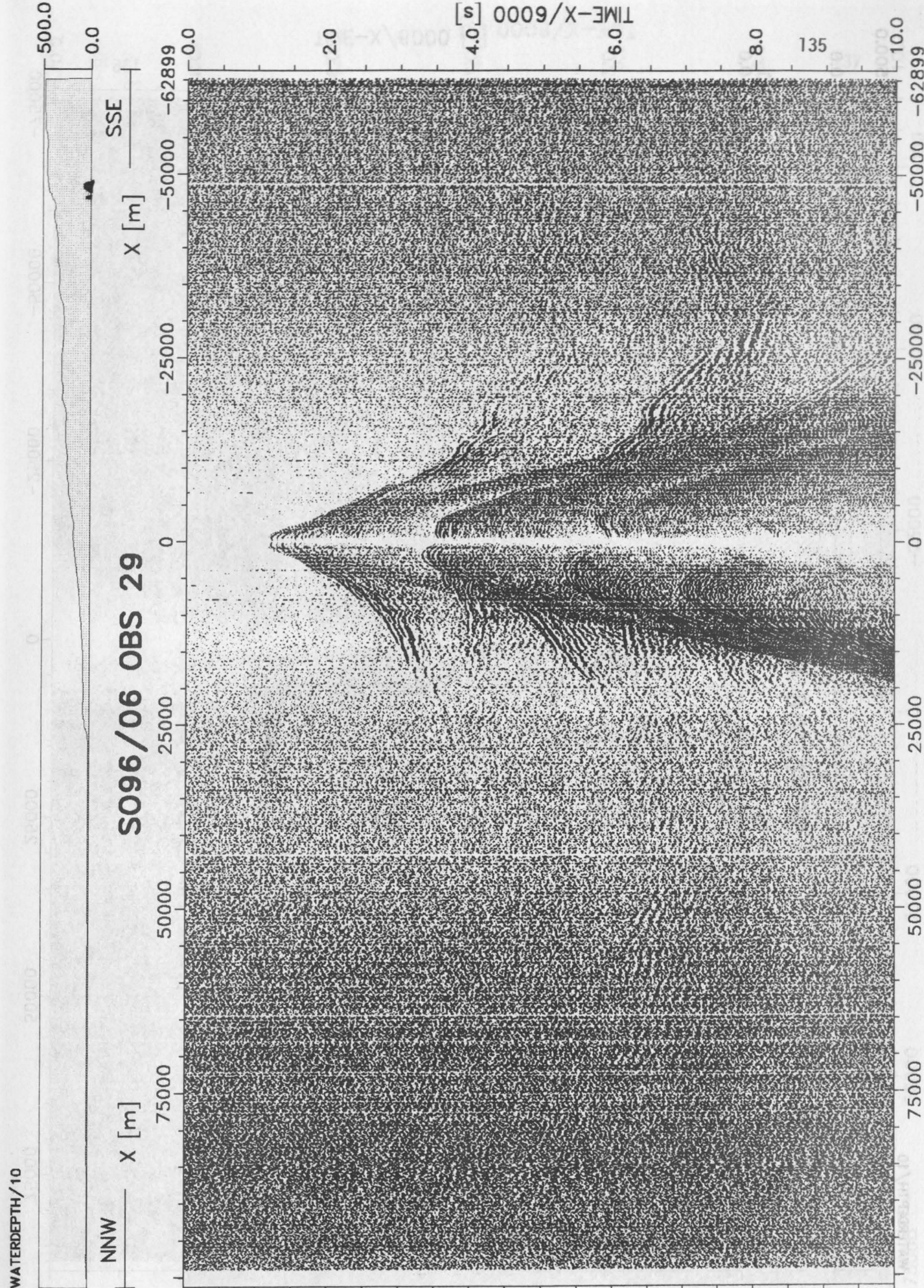


Abbildung 5.6.4.6.4 Seismogrammsection der OBS-Position 29 auf Profil 6. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

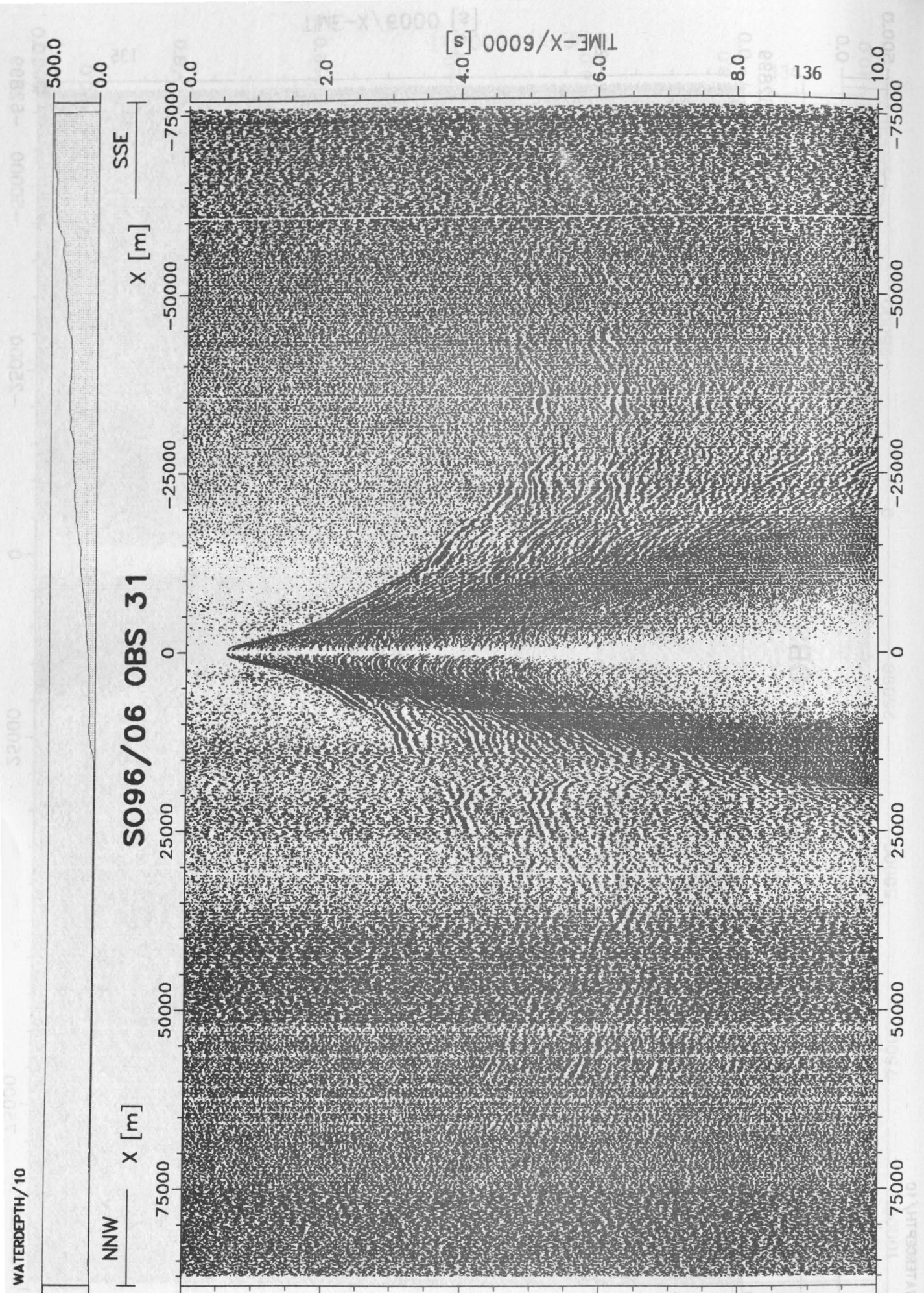


Abbildung 5.6.4.6.5 Seismogrammsection der OBS-Position 31 auf Profil 6. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

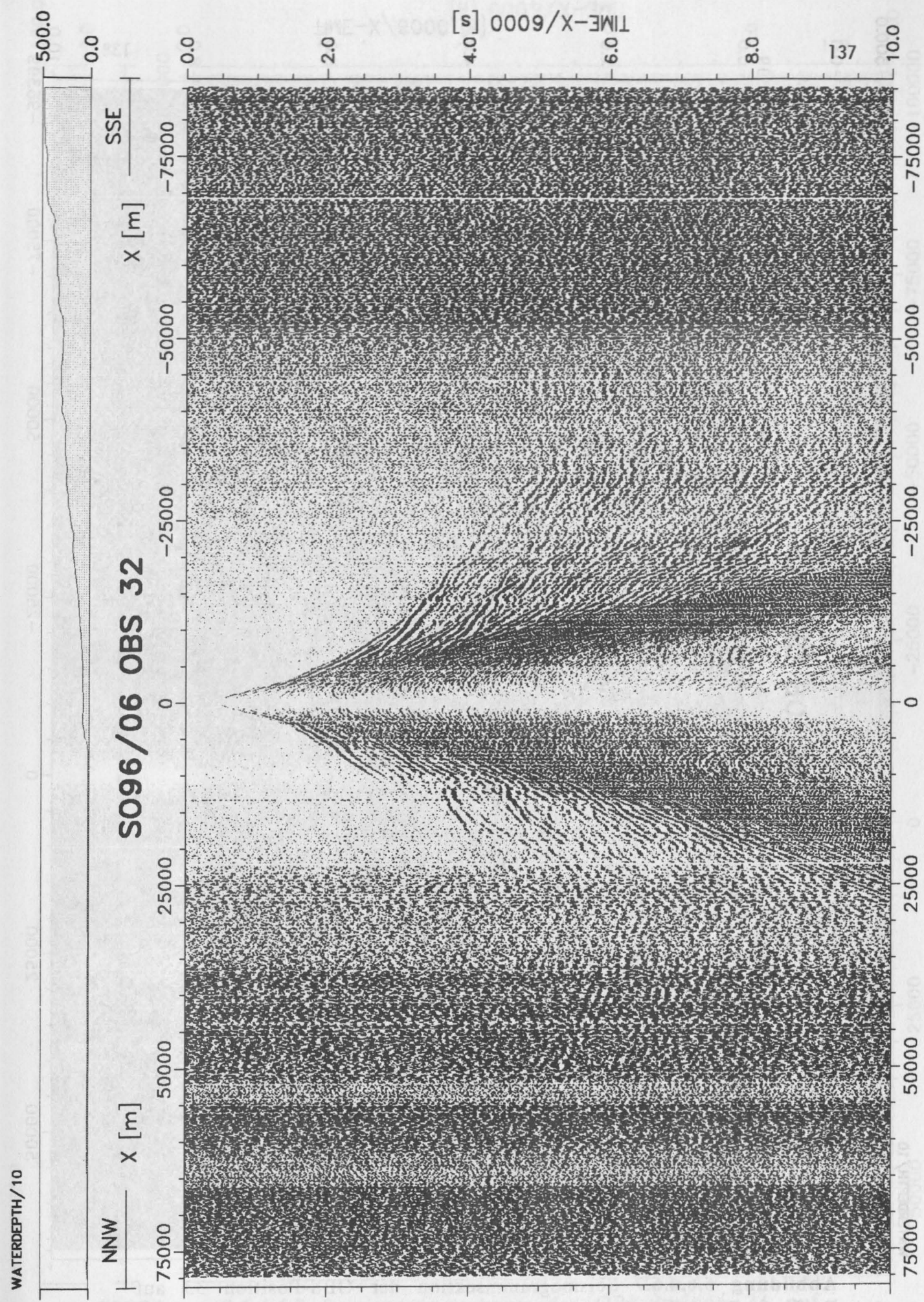


Abbildung 5.6.4.6.6 Seismogrammsection der OBS-Position 32 auf Profil 6. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

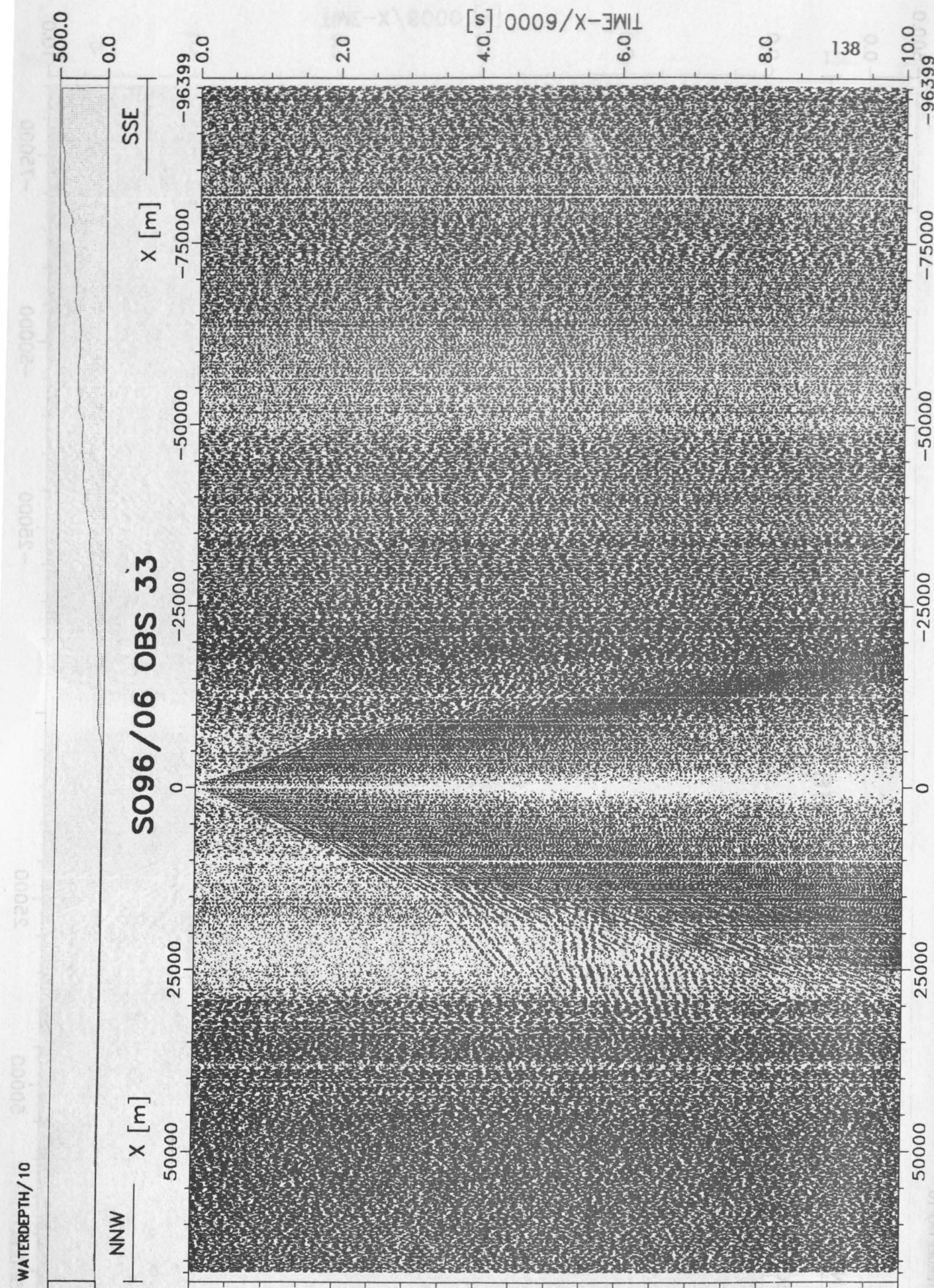


Abbildung 5.6.4.6.7 Seismogrammsection der OBS-Position 33 auf Profil 6. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

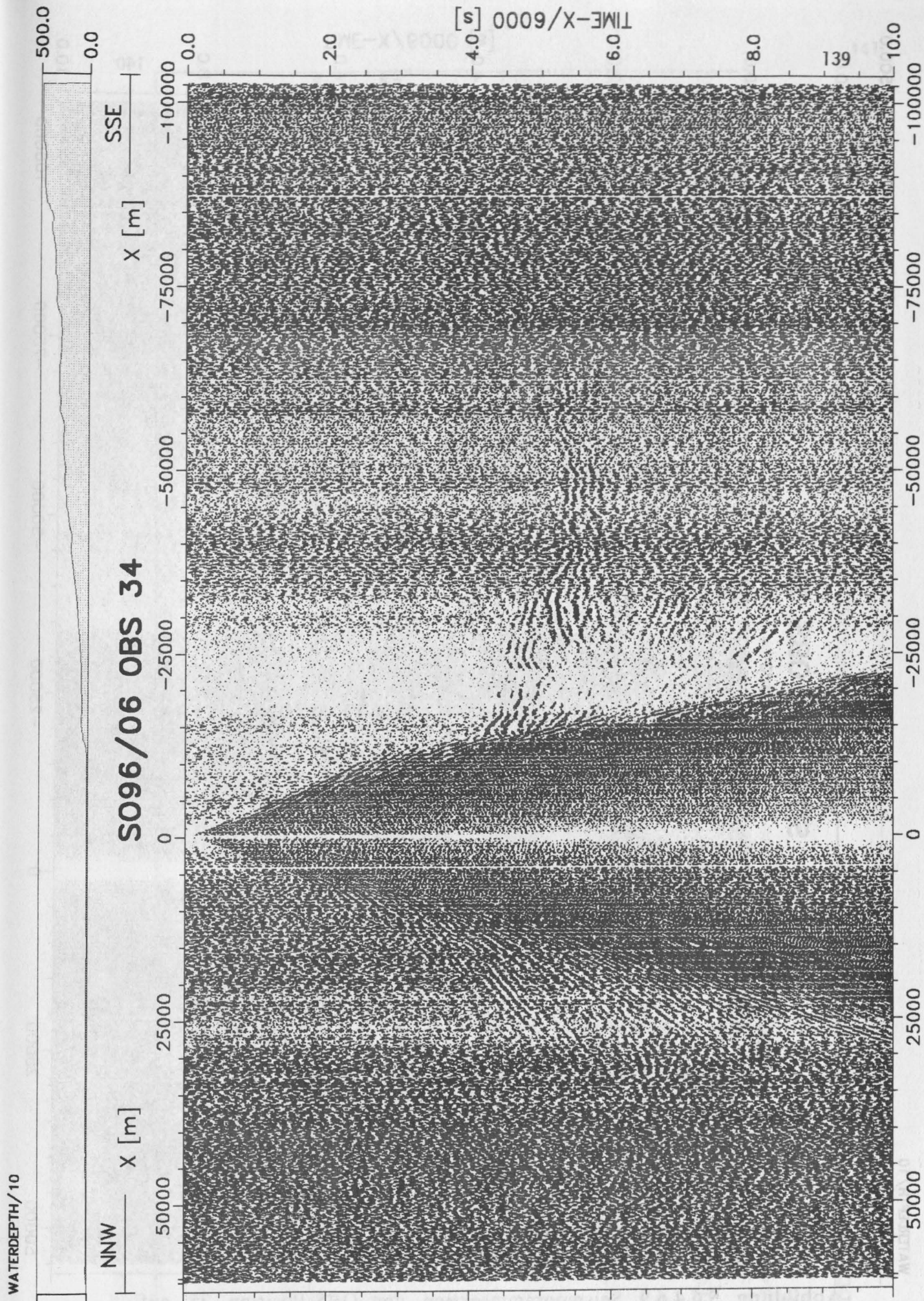


Abbildung 5.6.4.6.8 Seismogrammsection der OBS-Position 34 auf Profil 6. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

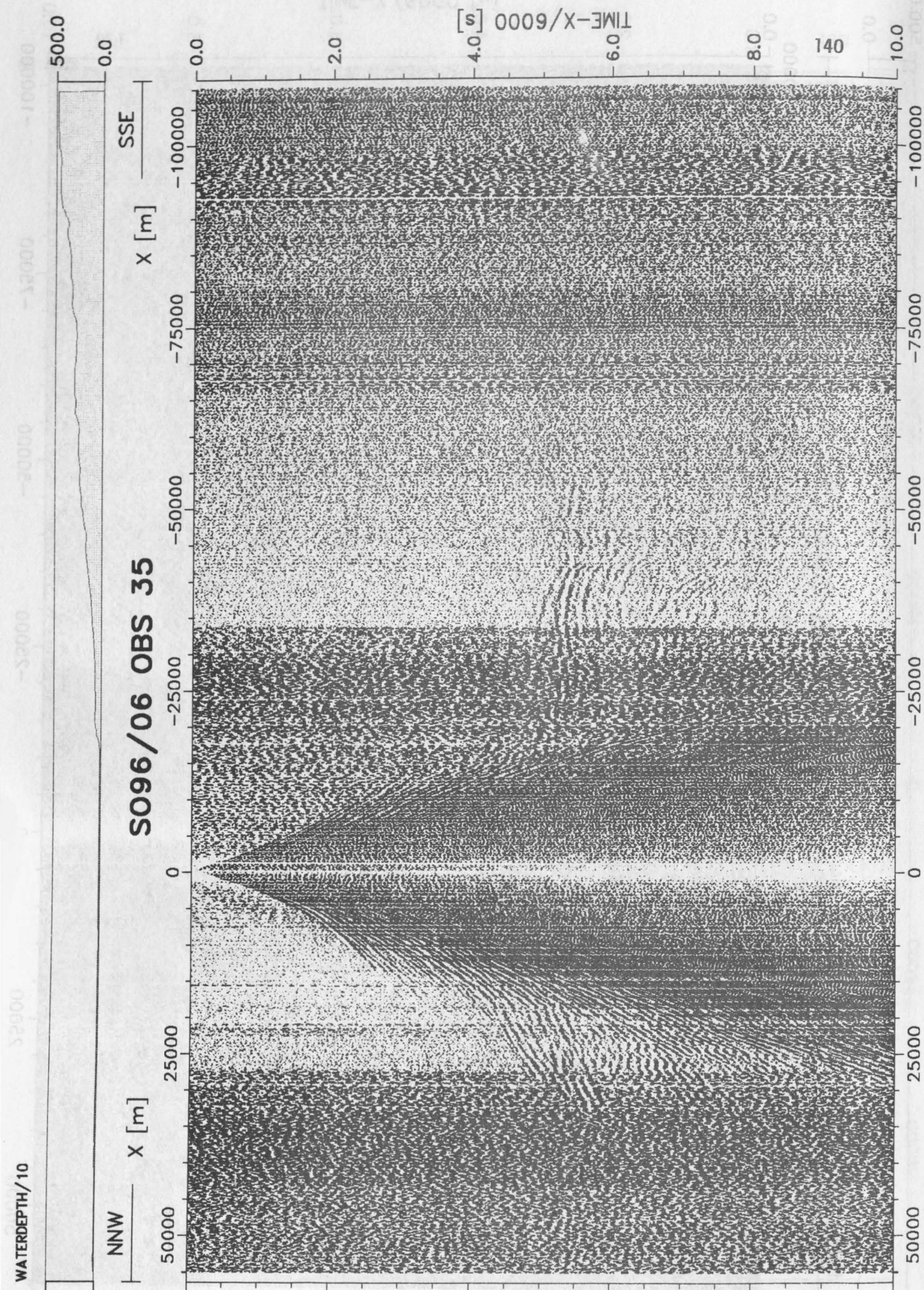


Abbildung 5.6.4.6.9 Seismogrammsection der OBS-Position 35 auf Profil 6. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben.

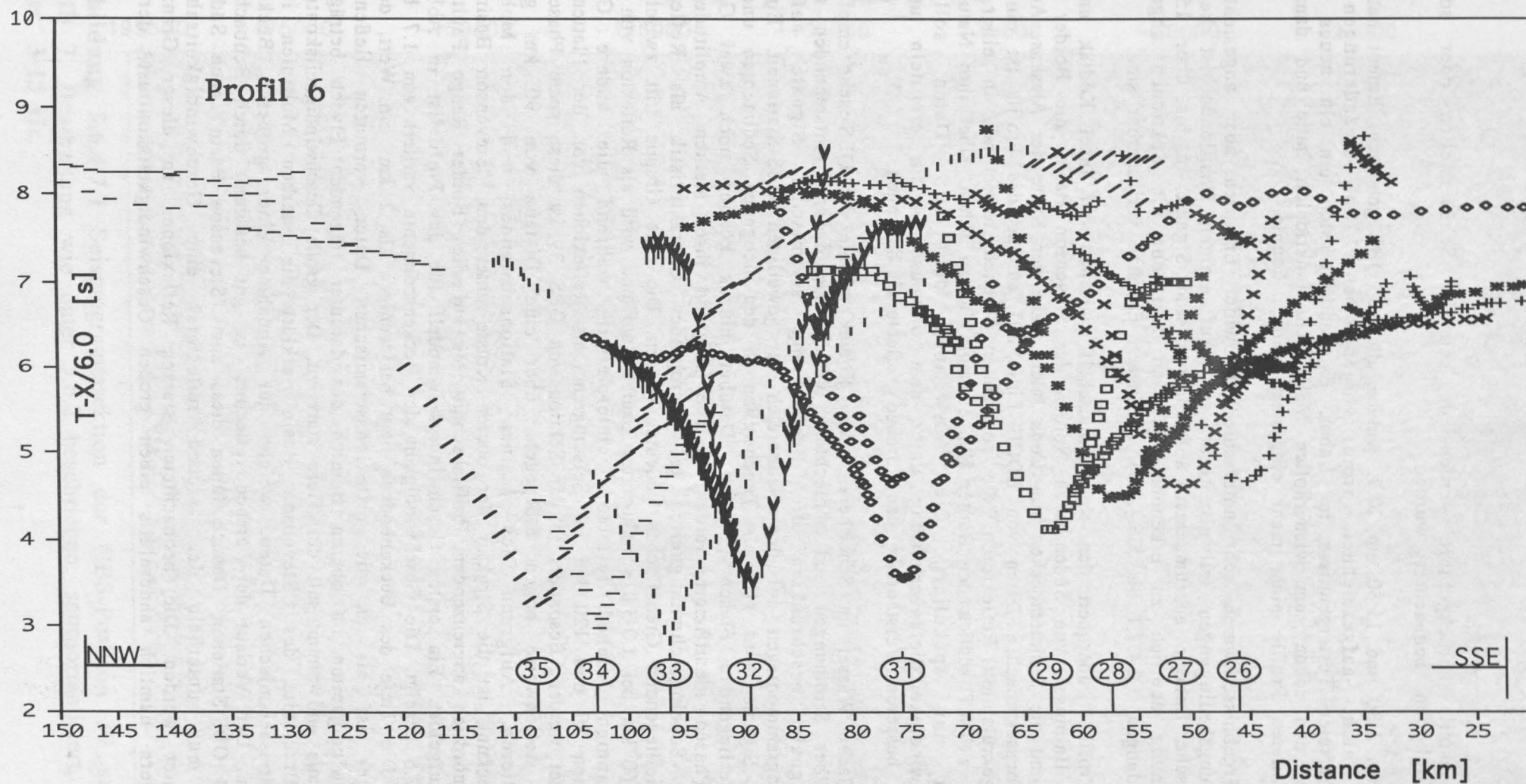


Abbildung 5.6.4.6.10 Profil 6: Laufzeiten

Schwachstelle zurückgeführt werden, da keinerlei Scheuerstellen oder sonstige Auffälligkeiten beobachtet wurden.

Zwischen 1:30 und 11:30 am 17.7. wurden alle elf OBS geborgen. Erneut hatte ein Gerät nicht aufgezeichnet, trotz vorgenommener Softwareänderungen und einwandfreier Testergebnisse im Labor. Es handelte sich um ein neues Gerät, welches nun schon zum wiederholten Male nicht funktioniert hatte und damit für die weiteren Profile nicht mehr eingesetzt werden konnte.

Die Ergebnisse waren sehr unterschiedlich, wider Erwarten aber angesichts der Witterungsbedingungen teilweise sehr gut. Auf einigen Positionen ist keinerlei seismische Energie auszumachen, auf anderen sind Signale in bis über 150 km Entfernung deutlich zu erkennen. Es sind hier nur die Sektionen abgebildet (Abbildungen 5.6.4.7.1 bis 5.6.4.7.5), auf denen Einsätze verifizierbar sind.

Das Profil 7 überquert den Kontinentalschelf zwischen der Insel Kodiak und der Kanai Halbinsel, von Süden nach Norden das Stevenson Basin, die Border Range Fault und die Sedimentbecken von Cook Inlet nahe der Küste der Alaskas. Auf den reflexionsseismischen Daten von EDGE Linie 301 entlang des Profils ist ein Band von gekrümmten Reflektoren, die sogenannten "arched reflectors", in einer Tiefe von 3 s TWT südlich der Border Range Fault klar zu sehen. Über ihre Natur wird bisher nur spekuliert. Die Auswertung der OBS Daten soll die Geschwindigkeitstiefenverteilung unter dem Stevenson Basin ermitteln und zu einem besseren Verständnis der "arched reflectors" beitragen.

Das flache Wasser im Schelfbereich von Kodiak machte die OBS sehr empfindlich gegenüber Strömungen und schlechtem Wetter. Die dadurch entstehenden starken Störsignale beschränkten die Beobachtung seismischer Signale auf den Seismogrammontagen auf den Nahbereich der jeweiligen OBS-Stationen. Ein Teil dieser Signale wird hier als Tauchwellen in den neogenen Sedimenten und dem darunterliegenden Flysch gedeutet. Darüber hinaus können noch zwei Gruppen von Phasen identifiziert werden, welche aufgrund ihrer starken Amplituden und hohen Scheingeschwindigkeiten mit retrograder Charakteristik als Reflexionen von tiefliegenden Grenzflächen gedeutet werden. Die eine Gruppe tritt zwischen 75 und 160 km bei 1.0-3.0 s reduzierter Laufzeit auf und wird als Reflexion von diesen sogenannten "arched reflectors" interpretiert, während die andere Gruppe, zwischen 30 und 120 km im Seismogram, als Reflexionen von der Plattengrenze gedeutet werden. Besonders in der Sektion von OBS 39 ist diese späte Phase, trotz eines stellenweise hohen Störpegels, über eine Distanz von 90 km gut zu korrelieren. Aufgrund des kleinen Stationsabstandes und der Mehrfachüberdeckung ist die Struktur der oberen Kruste unter dem "Stevenson Basin" und dem nördlich angrenzenden Profilabschnitt bis auf die "Border Range Fault" sehr gut aufgelöst. Ein erstes Geschwindigkeitsmodell für das Profil ist in Abbildung 5.6.4.7.6 gezeigt. Die Geschwindigkeit der Beckensedimente variiert von 1.7 bis 2.8 km/s. Die Tiefe des Beckenbodens liegt bei weniger als 2 km, ein Wert, der viel geringer ist als es die reflexionsseismischen Daten vermuten ließen. Die Geschwindigkeiten im oberen Bereich des darunter liegenden Flysch beträgt 5.0-5.3 km/s und nimmt mit der Tiefe stark zu. Der große Geschwindigkeitskontrast an der Unterseite des "Stevenson Basin" erklärt die starken Multiplen in den reflexionsseismischen Daten, welche zur Abnahme einer größeren Beckentiefe führten. Der Verlauf der "arched reflectors" ist gut bestimmt durch Beobachtungen von 4 OBS-Stationen. Danach fallen diese zum "Stevenson Basin" nach Süden ab. Hier muß unterhalb der "arched reflectors" eine Geschwindigkeitsabnahme vermutet werden. Die beobachteten starken Reflexionen an dieser Grenzfläche erfordern nämlich andernfalls einen großen Geschwindigkeitskontrast, der dann

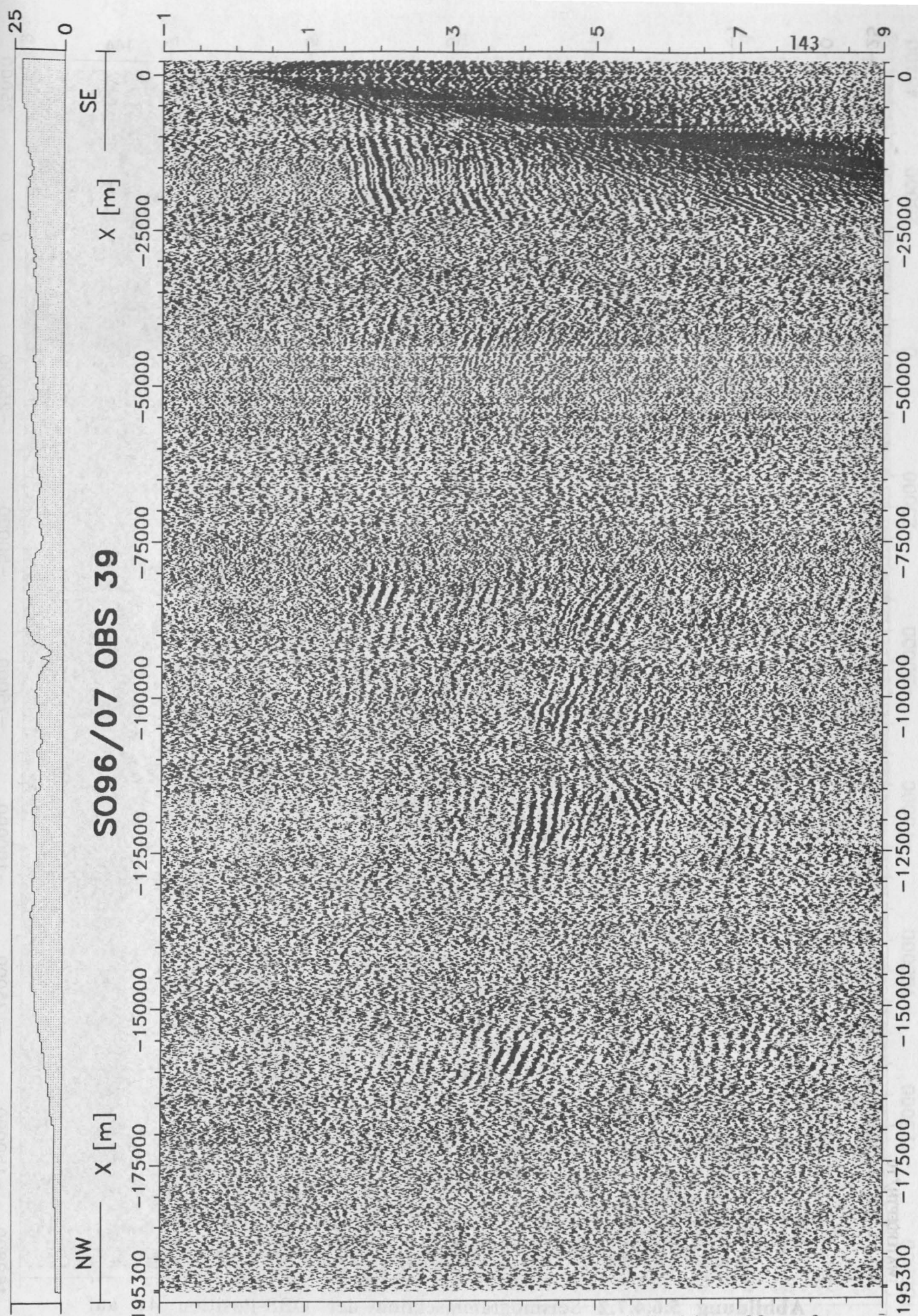


Abbildung 5.6.4.7.1 Seismogrammsection der OBS-Position 39 auf Profil 7. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben, spurnormalisiert, Filter: 3-15 Hz.

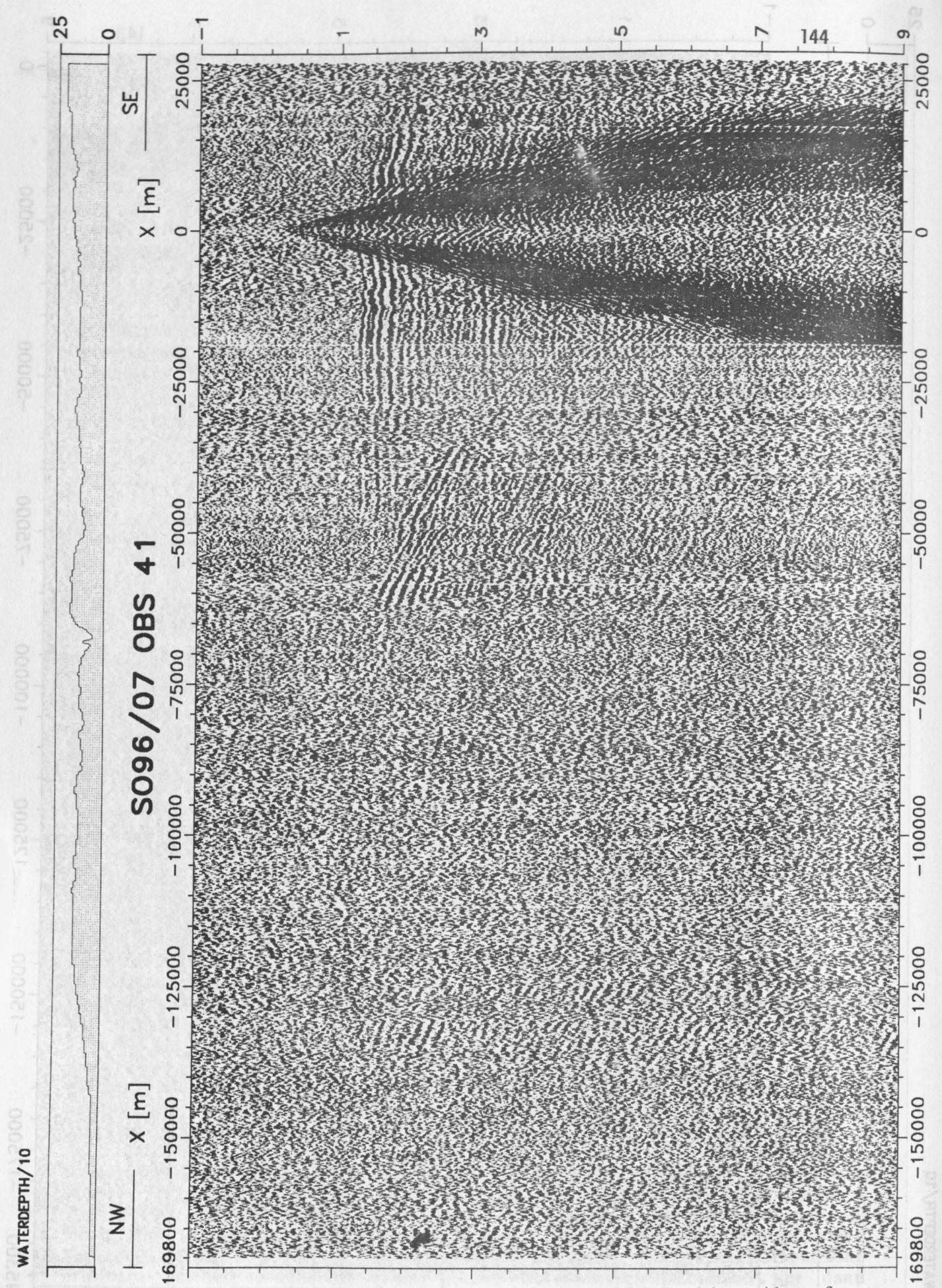


Abbildung 5.6.4.7.2 Seismogrammsection der OBS-Position 41 auf Profil 7. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben, spurnormalisiert, Filter: 3-15 Hz.

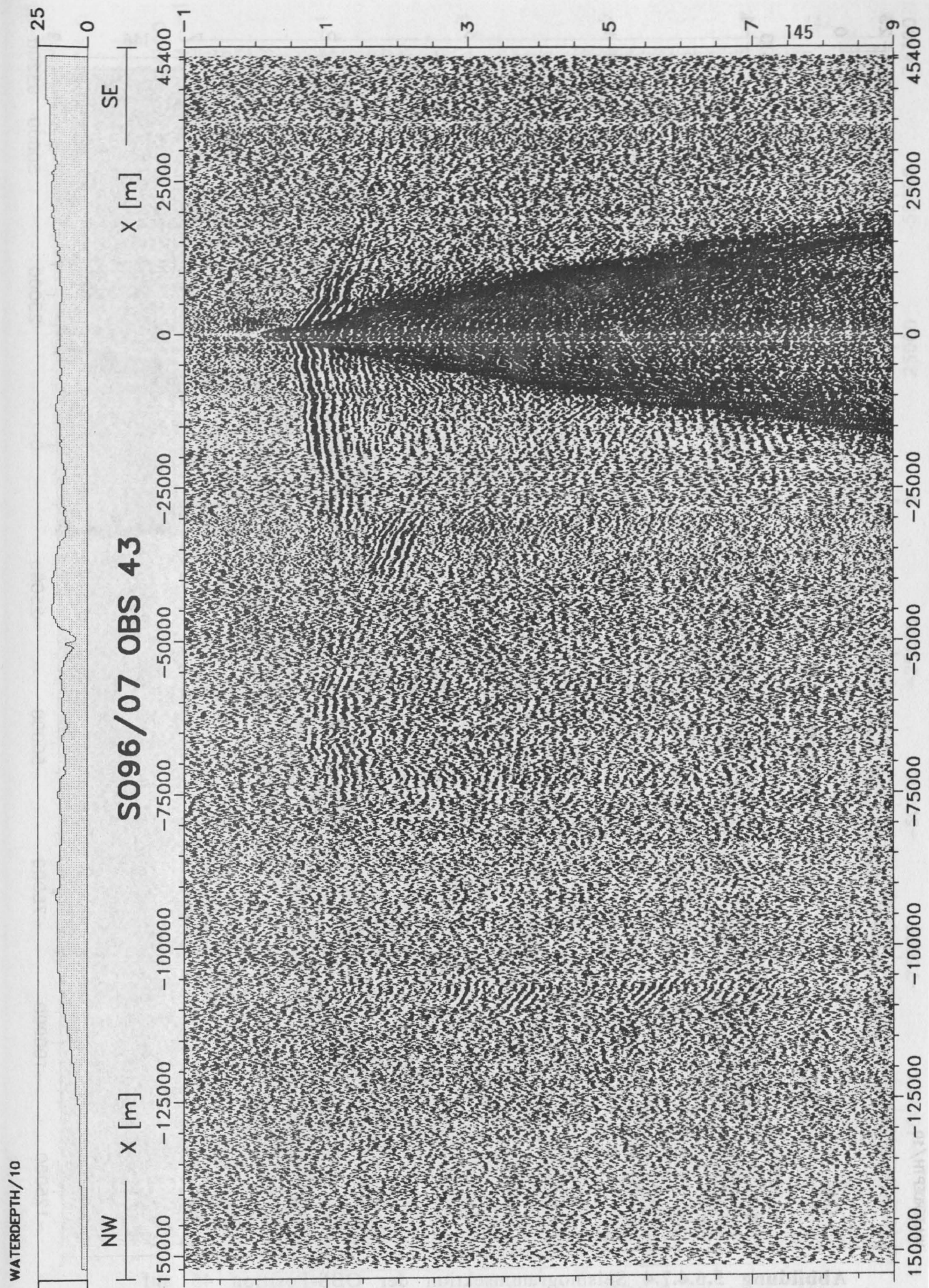


Abbildung 5.6.4.7.3 Seismogrammsection der OBS-Position 43 auf Profil 7. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben, spurnormalisiert, Filter: 3-15 Hz.

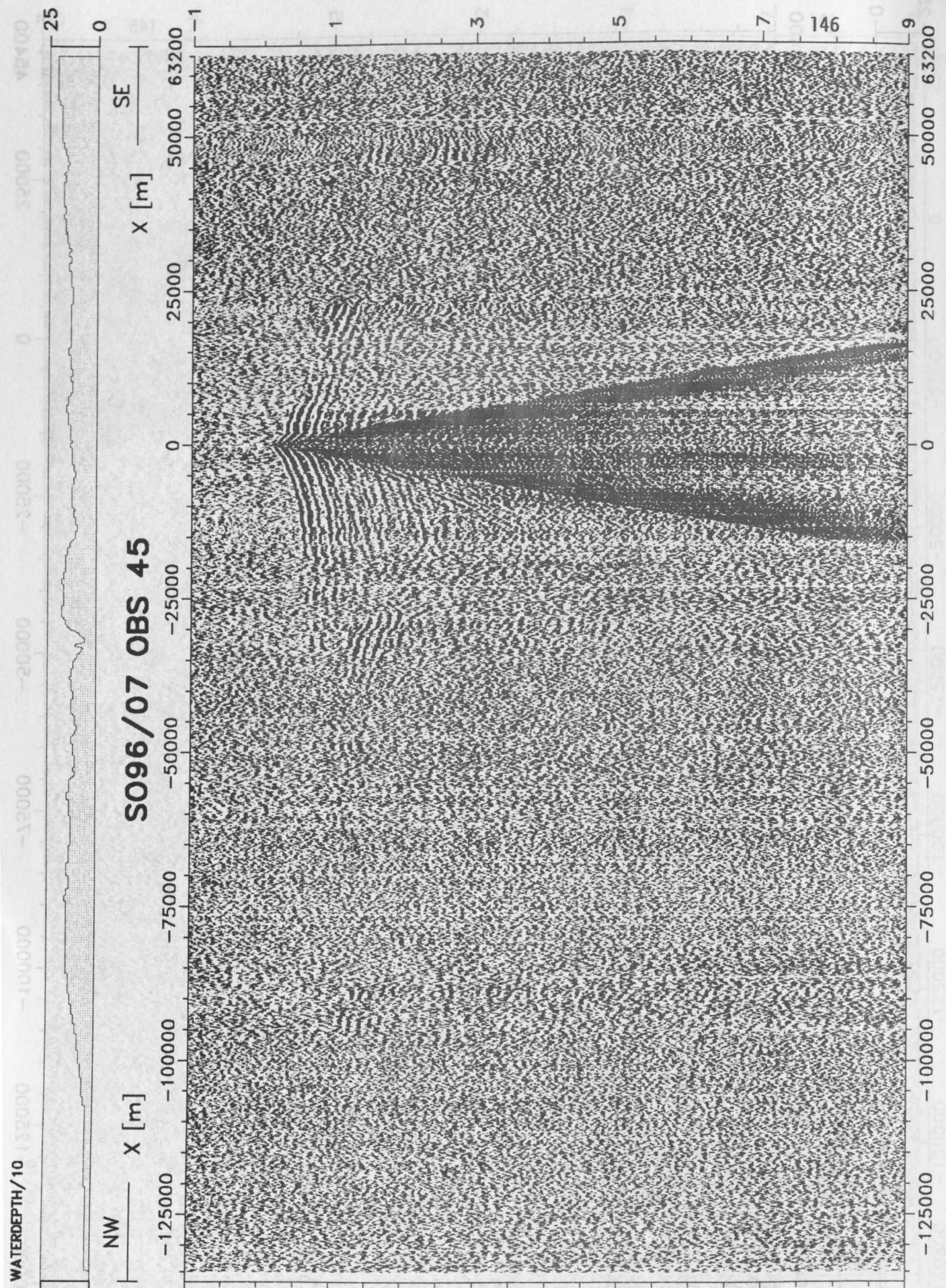


Abbildung 5.6.4.7.4 Seismogrammsection der OBS-Position 45 auf Profil 7. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben, spurnormalisiert, Filter: 3-15 Hz.

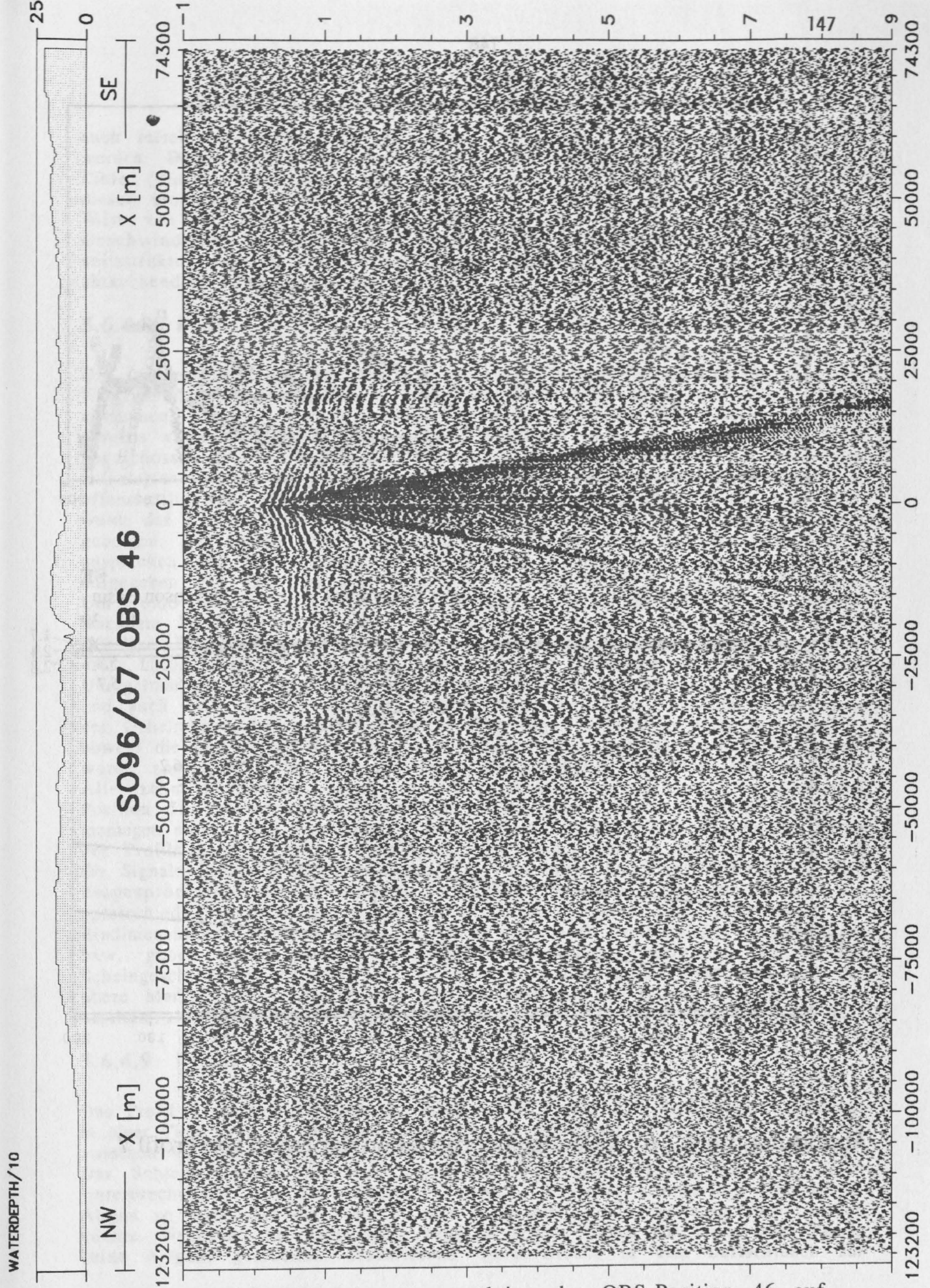


Abbildung 5.6.4.7.5 Seismogrammsection der OBS-Position 46 auf Profil 7. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben, spurnormalisiert, Filter: 3-15 Hz.

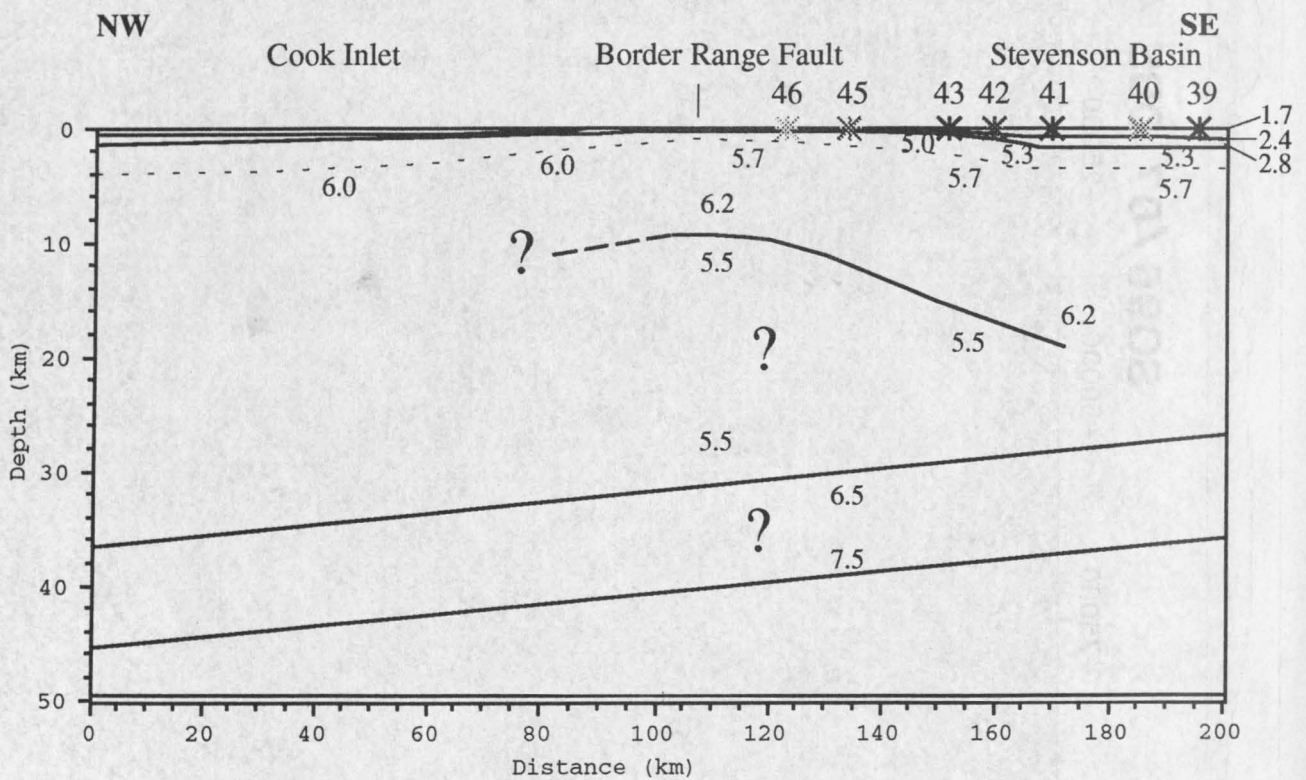
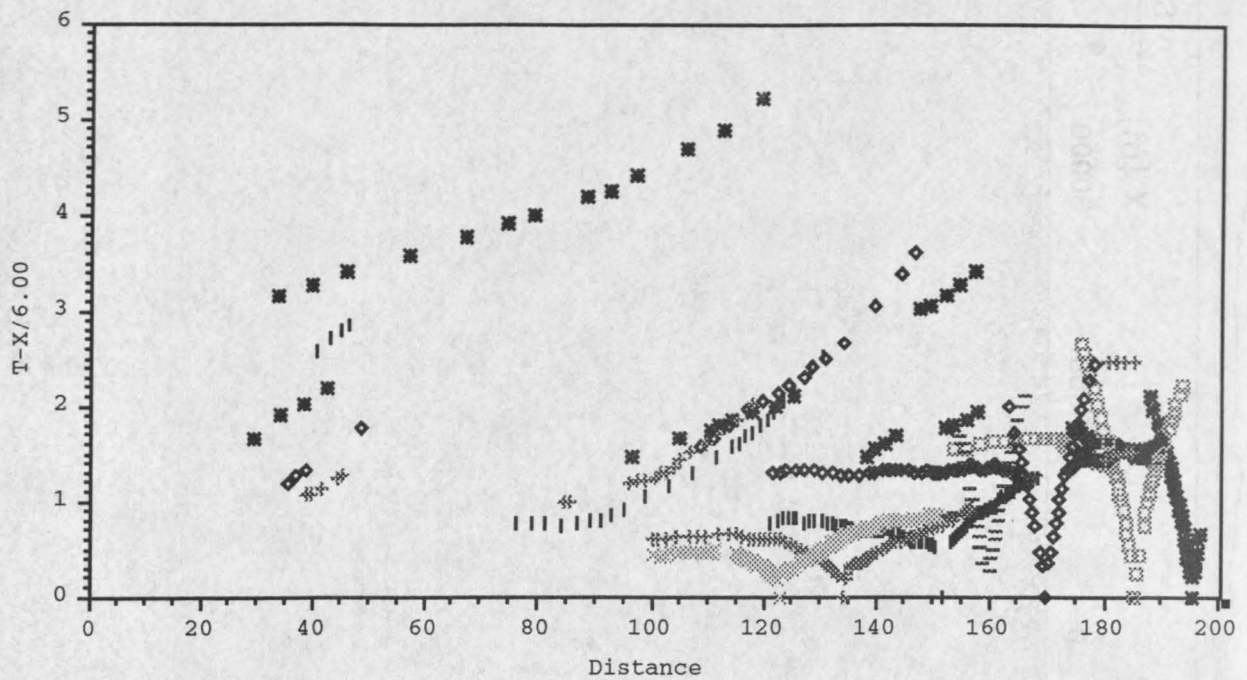


Abbildung 5.6.4.7.6 Vorläufige Interpretation der Daten von Profil 7.

auch refraktierte Wellen erzeugen würde. Die können aber hier nicht beobachtet werden. Desweiteren könnte dann die Laufzeit der Reflexion aus noch größerer Tiefe (Plattengrenze) nicht mehr erklärt werden. Eine mögliche Interpretation dieser erniedrigten Geschwindigkeit wären "underplated sediments" obgleich der Wert von 5.5 km/s nur eine Annahme ist. Eine genauere Bestimmung der Geschwindigkeit erfordert eine bessere Kenntnis über die Geschwindigkeitsstruktur jenseits der "Border Range Fault" und über die Tiefenlage der abtauchenden ozeanischen Kruste.

5.6.4.8 Profil 8

Das Profil 8 stellt das erste Profil im Arbeitsgebiet Albatross dar. Es überquert den Kontinentalabhang und fällt mit dem Reflexionsprofil 117 (von Huene, 1989) zusammen. Am 18.7. wurden zwischen 9:00 und 14:00 zehn OBS ausgebracht. Beide Airguns wurden ausgebracht und das Profil wurde von 16:30 bis zum 19.7. um 21:00 abgeschossen. Ab 6:00 war nur noch eine Airgun im Einsatz, bei der neu gelieferten waren die O-Ringe der Führungskolben verschlissen. Dies war offensichtlich auf eine schlechte werksseitige Montage zurückzuführen. Um 23:30 wurde das erste OBS wieder an Bord genommen, um 4:00 am 20.7. waren acht Geräte geborgen. Das nächste OBS (Position 55 in 4800 m Tiefe) ließ sich jedoch nicht ansprechen und tauchte nicht auf. Nach einer Stunde wurde die Suche vorerst aufgegeben und das seismische Programm für eine EXPLOS Station unterbrochen. Um 16:00 wurde ein erneuter Versuch unternommen, das OBS 55 zu bergen. Nachdem zunächst wieder keine zuverlässigen Antworten erhalten wurde, stellte sich bei einer Entfernung von 4000 m eine stabile Ortung ein, und das Gerät konnte um 18:00 sicher geborgen werden. Am Releaser wurden keinerlei Unregelmäßigkeiten festgestellt. Warum das Gerät am morgen nicht ausgelöst hatte und auch beim zweiten Versuch zunächst keine Bestätigung erfolgte, bleibt eines der Geheimnisse dieser Fahrt. Möglicherweise lag das OBS in einer Schattenzone, obwohl die Hydrosweep Karte dies nicht andeutet. Das zehnte Gerät in 5400 m Tiefe wurde anschließend mit der gewohnten Zuverlässigkeit ausgelöst und geborgen. Alle zehn Instrumente hatten die Airgunschüsse aufgezeichnet, lediglich bei Position 56 konnten einige Datenblöcke nicht gelesen werden. Die Seismogrammmontagen sind in den Abbildungen 5.6.4.8.1 bis 5.6.4.8.10 gezeigt. Obwohl die Hälfte des Profils nur mit einer Airgun geschossen wurde, sind an fast allen Positionen die Signale über den gesamten Bereich zu erkennen. An allen Positionen ist eine ausgesprochene Asymmetrie zu erkennen, wie es bedingt durch die unterschiedlichen Wassertiefen und die Untergrundstruktur auch zu erwarten ist. Eindimensionale Auswertungen sind damit für dieses Profil nicht durchzuführen, bzw. geben keine verlässliche Auskunft über den Untergrund. Es werden Scheingeschwindigkeiten von über 8 km/s beobachtet. Damit steht fest, daß der obere Mantel erreicht wurde und die Plattengrenze bei genauer Auswertung gut bestimmt werden kann.

5.6.4.9 Profil 9

Das Profil 9 verläuft senkrecht zu Profil 8 am oberen Teil des Kontinentalabhanges in einer Tiefe zwischen 2000 und 2800 m (siehe Abbildung 5.6.4.1). Am 22.7. wurden zwischen 9:00 und 12:00 sechs OBS im Abstand von jeweils zwei Meilen ausgelegt. Das Schießen erfolgt zwischen 14:30 und 7:00 am 23.7, es war von vielen Unterbrechungen und Schwierigkeiten geprägt. Zunächst scherte die Steuerbord-Airgun so stark, daß die zweite Airgun nicht auf volle Länge ausgebracht werden konnte. Nachdem die Aufhängung geändert wurde, haben für etwa eine Stunde beide Airguns gearbeitet. Anschließend traten Brüche in dem Luftschlauch zur

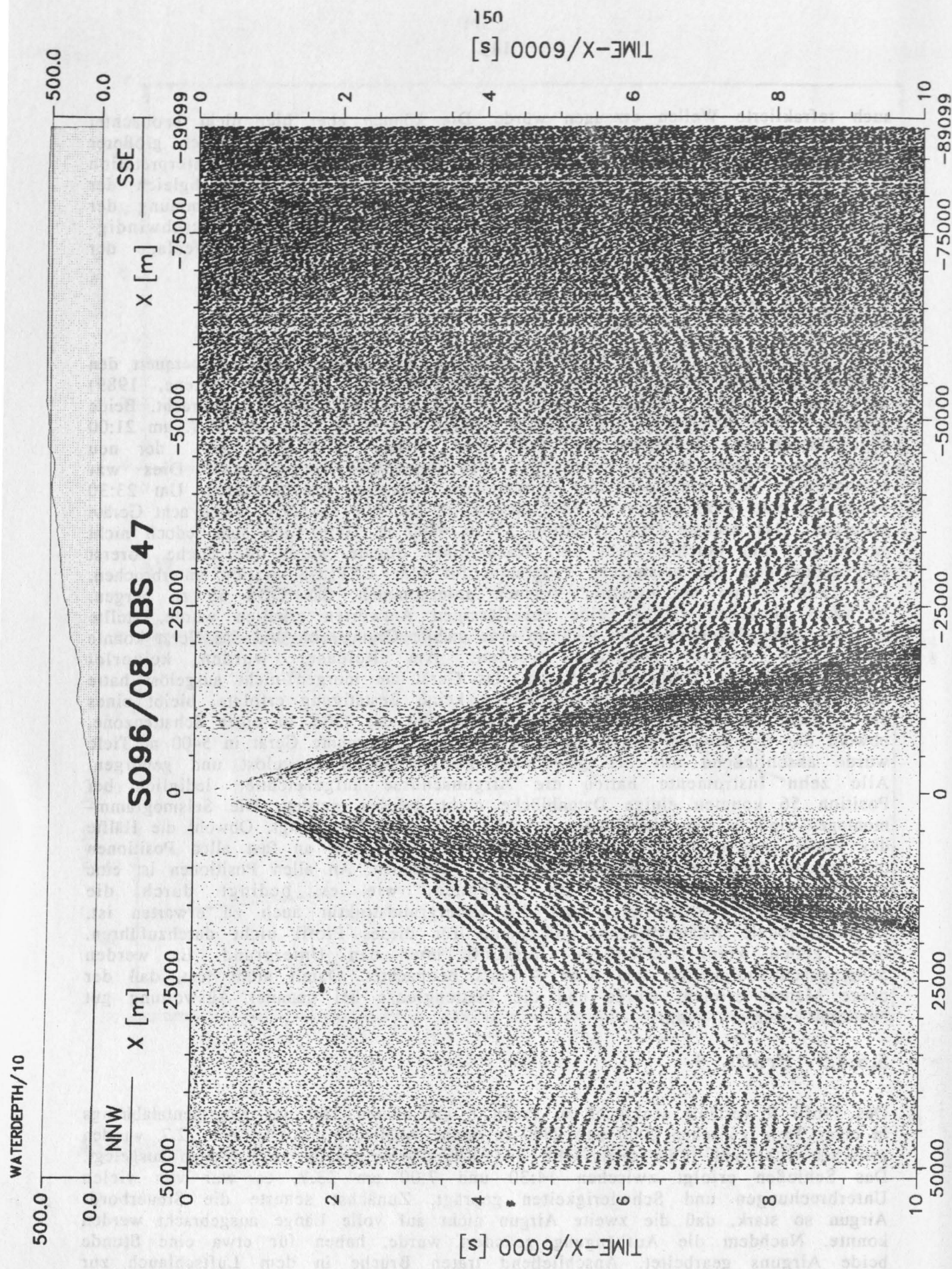


Abbildung 5.6.4.8.1 Seismogrammsection der OBS-Position 47 auf Profil 8. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben, Filter: 3-15 Hz.

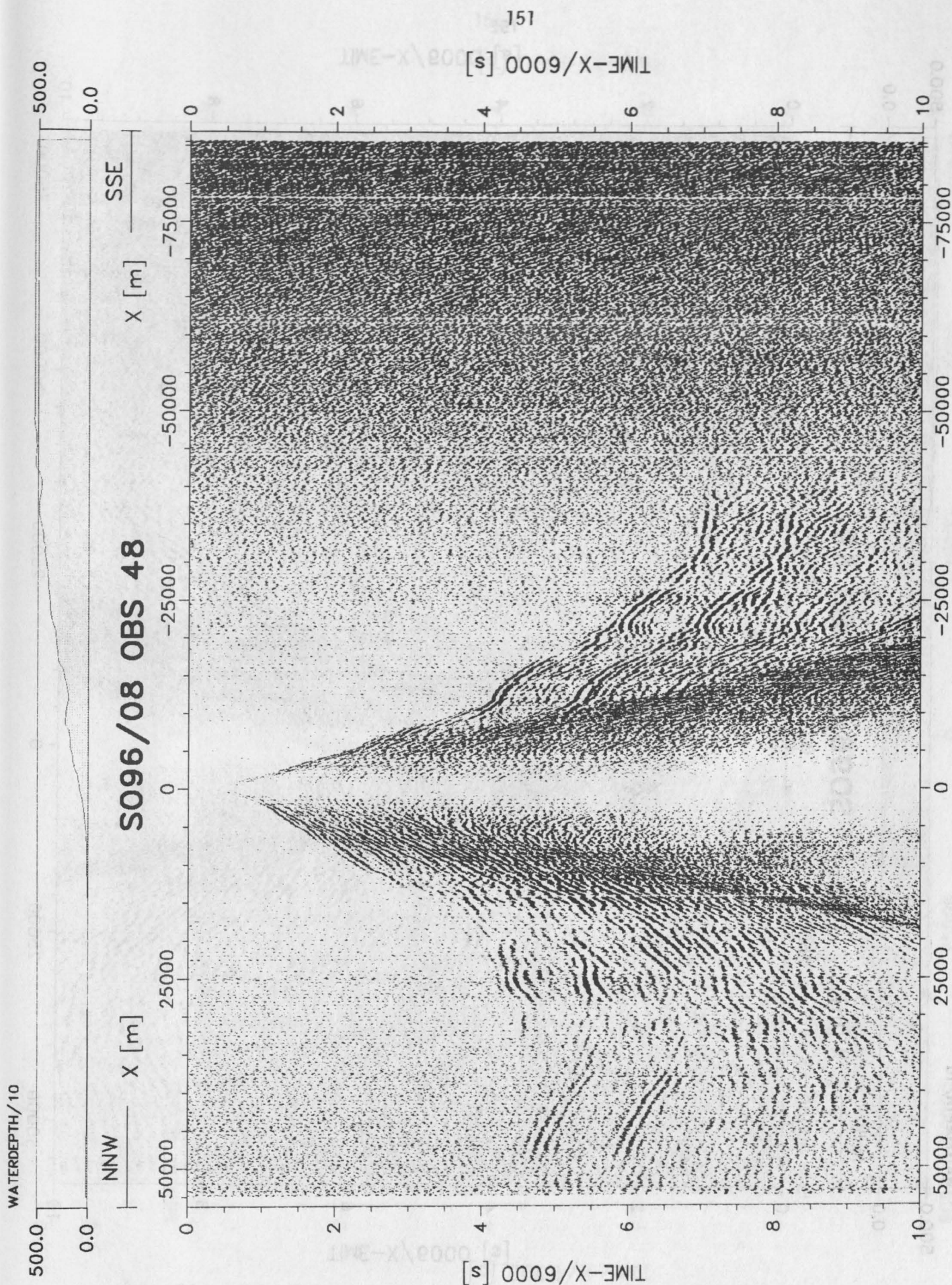


Abbildung 5.6.4.8.2 Seismogrammsection der OBS-Position 48 auf Profil 8. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben, Filter: 3-15 Hz.

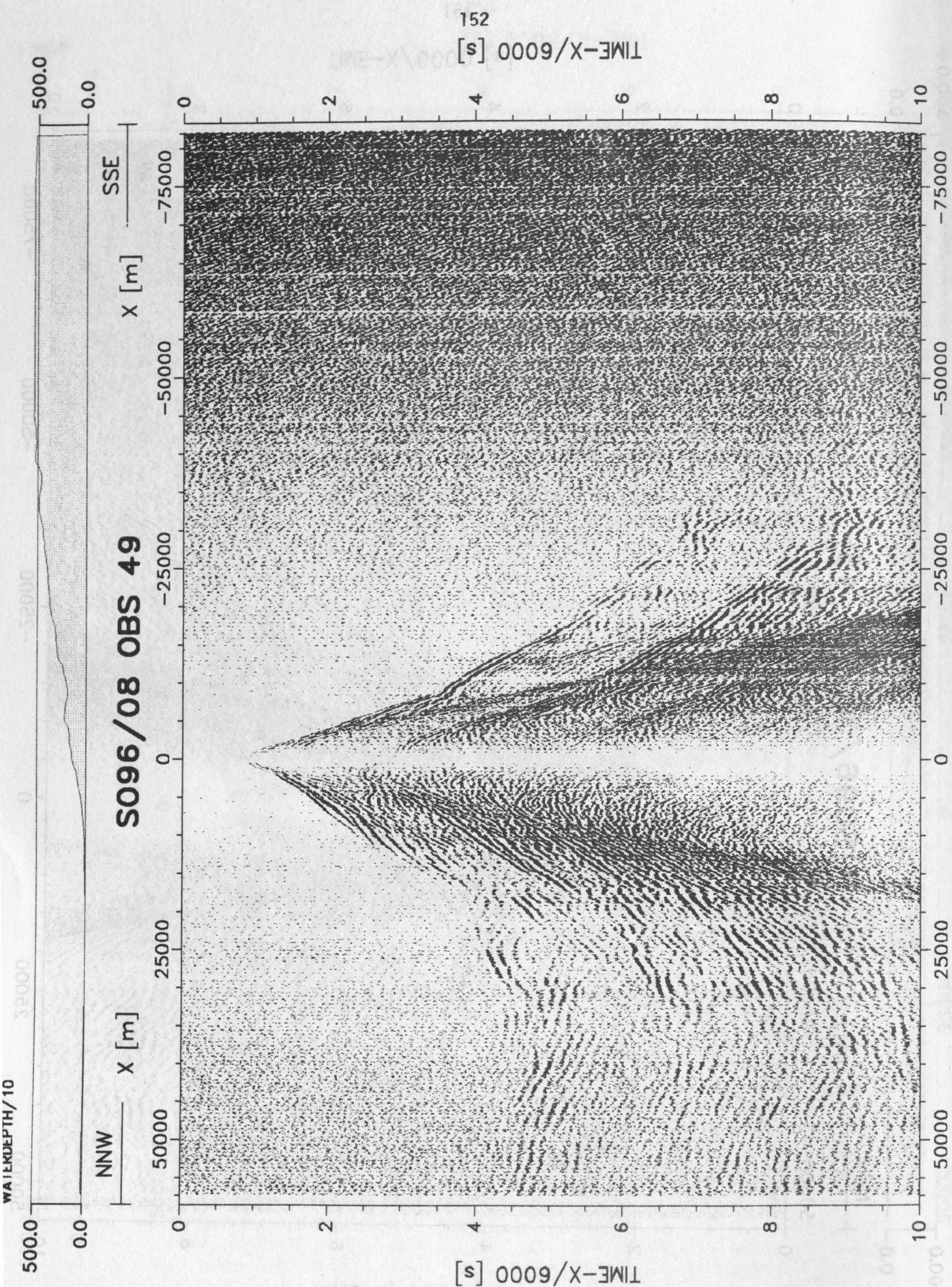


Abbildung 5.6.4.8.3 Seismogrammsection der OBS-Position 49 auf Profil 8. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben, Filter: 3-15 Hz.

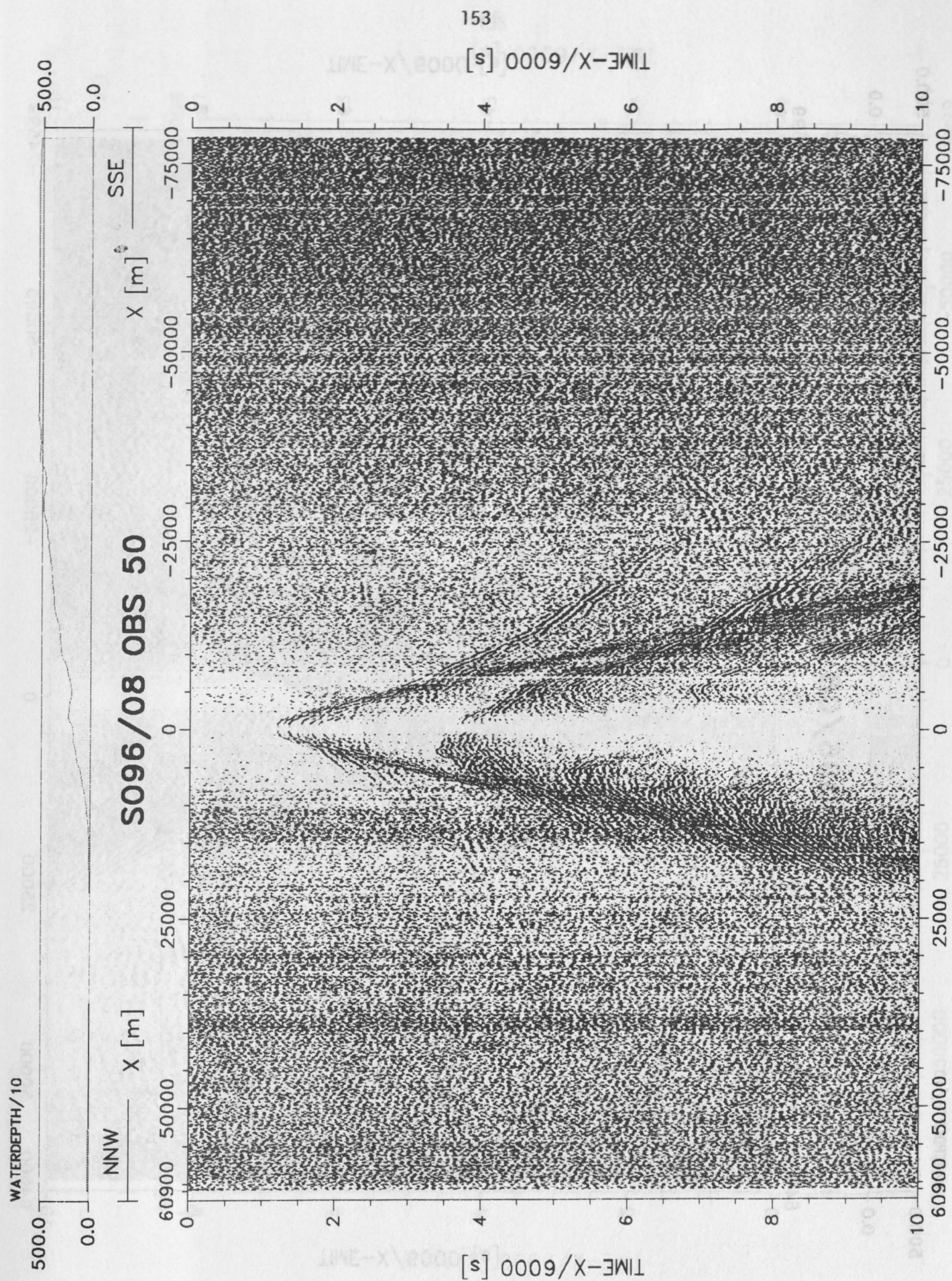


Abbildung 5.6.4.8.4 Seismogrammsection der OBS-Position 50 auf Profil 8. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben, Filter: 3-15 Hz.

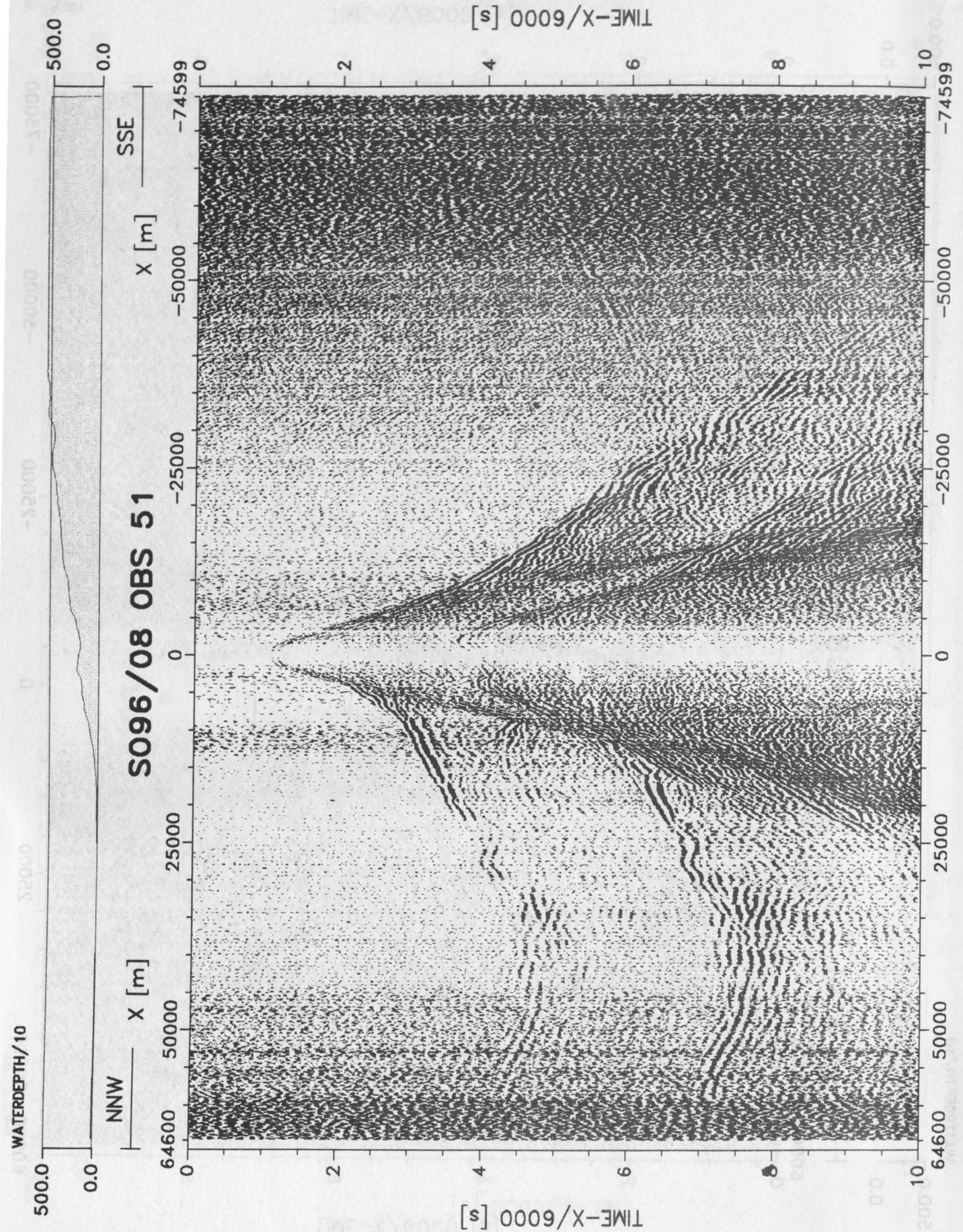


Abbildung 5.6.4.8.5 Seismogrammsection der OBS-Position 51 auf Profil 8. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben, Filter: 3-15 Hz.

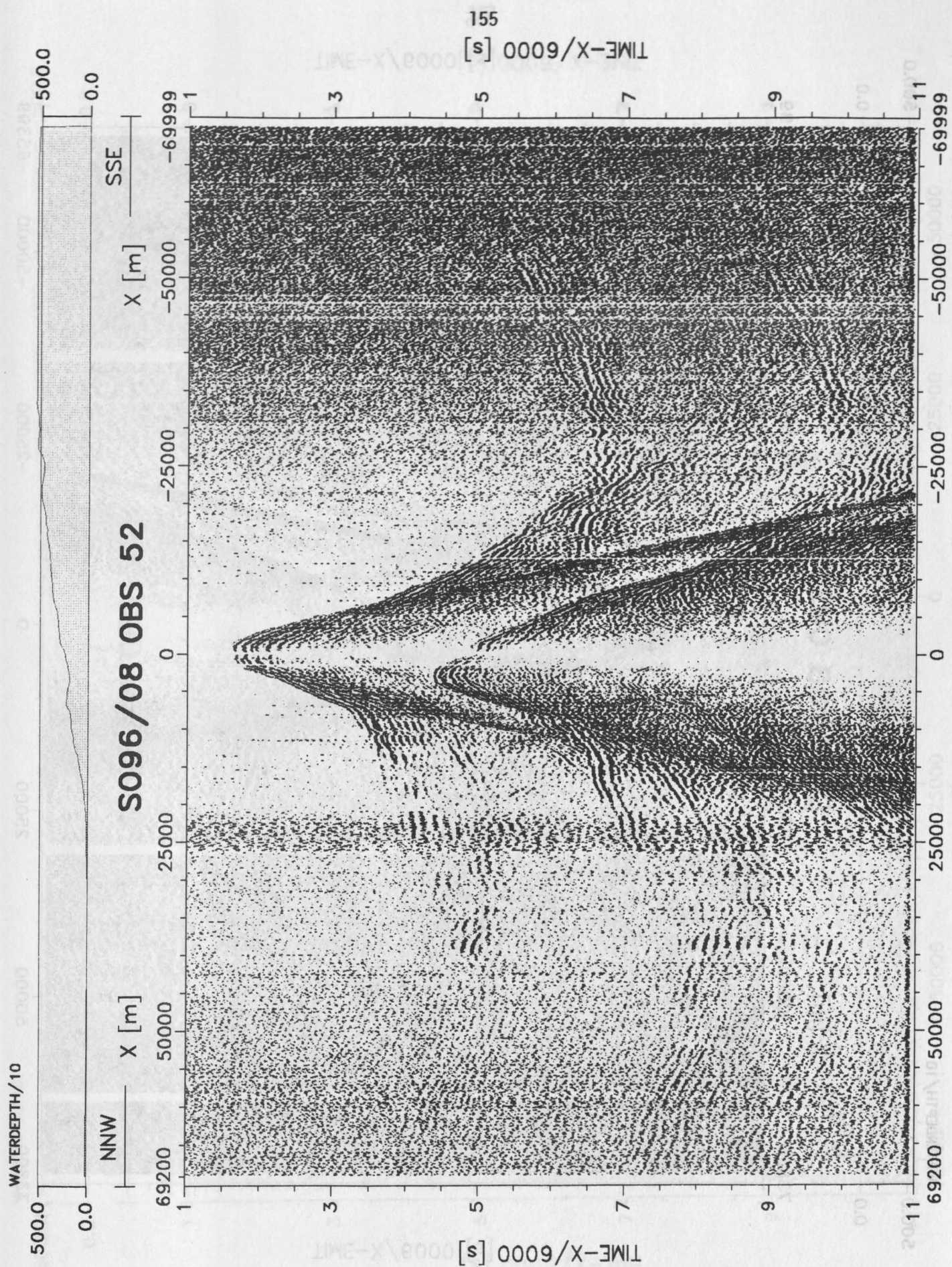


Abbildung 5.6.4.8.6 Seismogrammsection der OBS-Position 52 auf Profil 8. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben, Filter: 3-15 Hz.

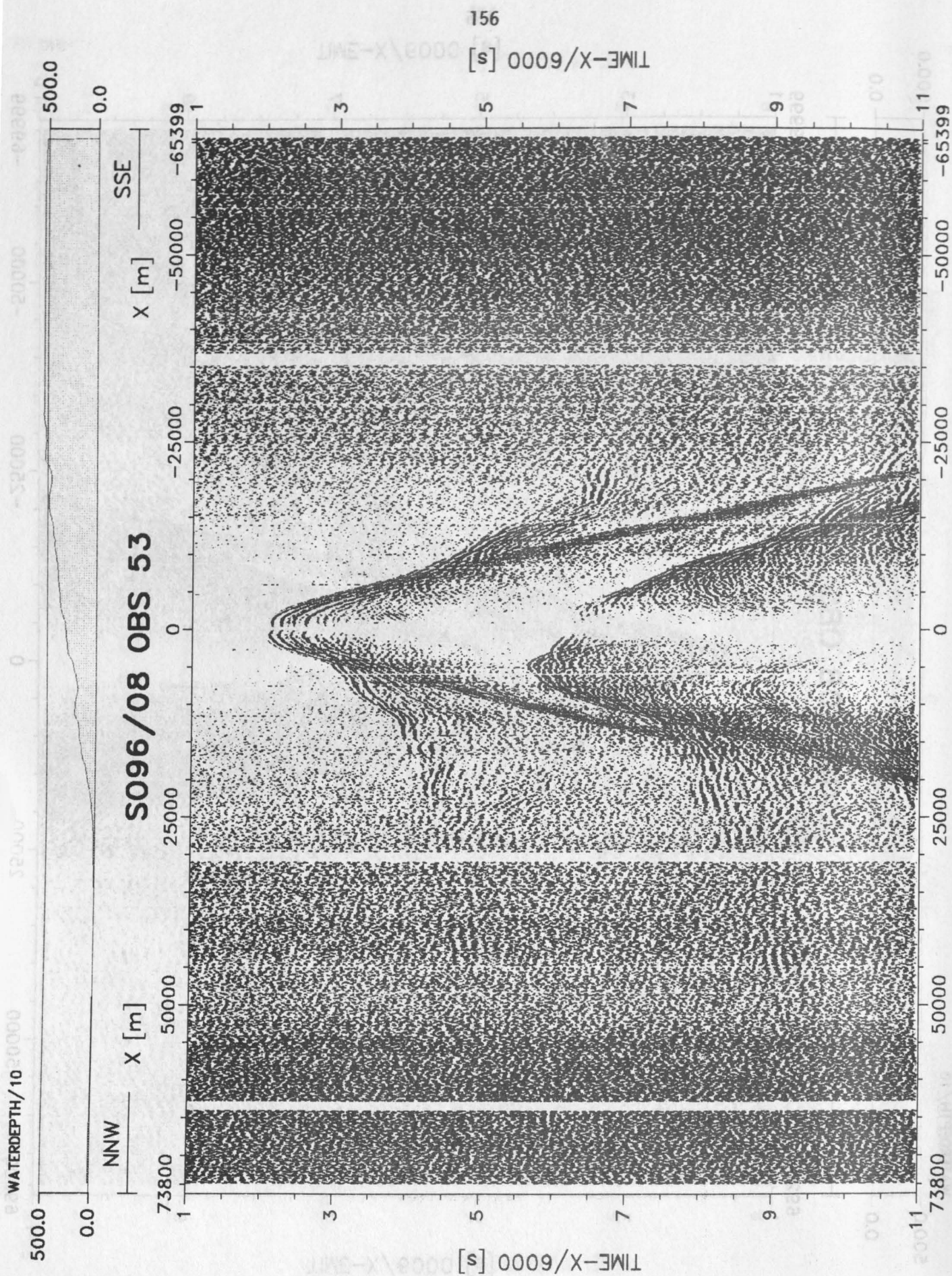


Abbildung 5.6.4.8.7 Seismogrammsection der OBS-Position 53 auf Profil 8. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben, Filter: 3-15 Hz.

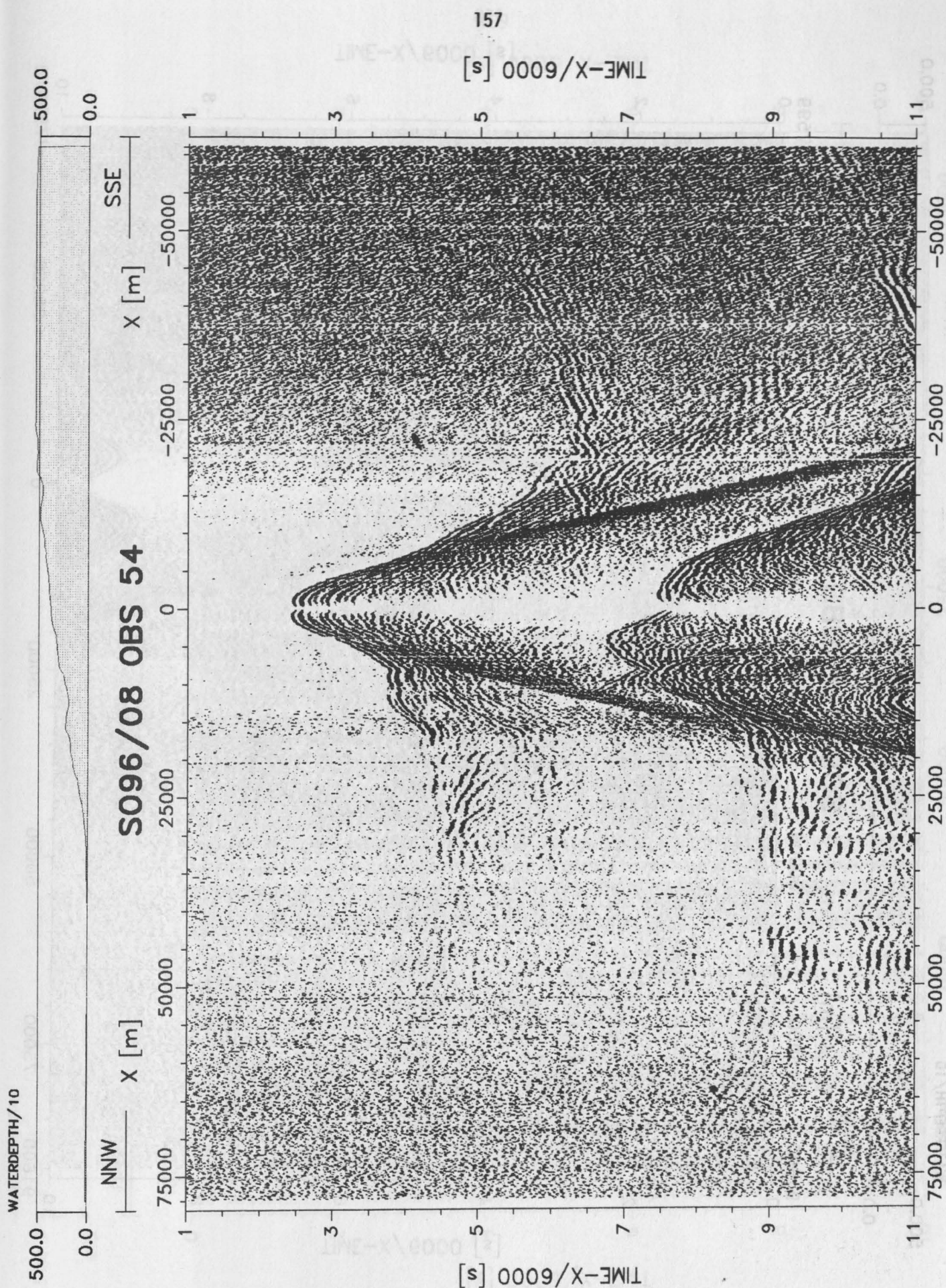


Abbildung 5.6.4.8.8 Seismogrammsection der OBS-Position 54 auf Profil 8. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben, Filter: 3-15 Hz.

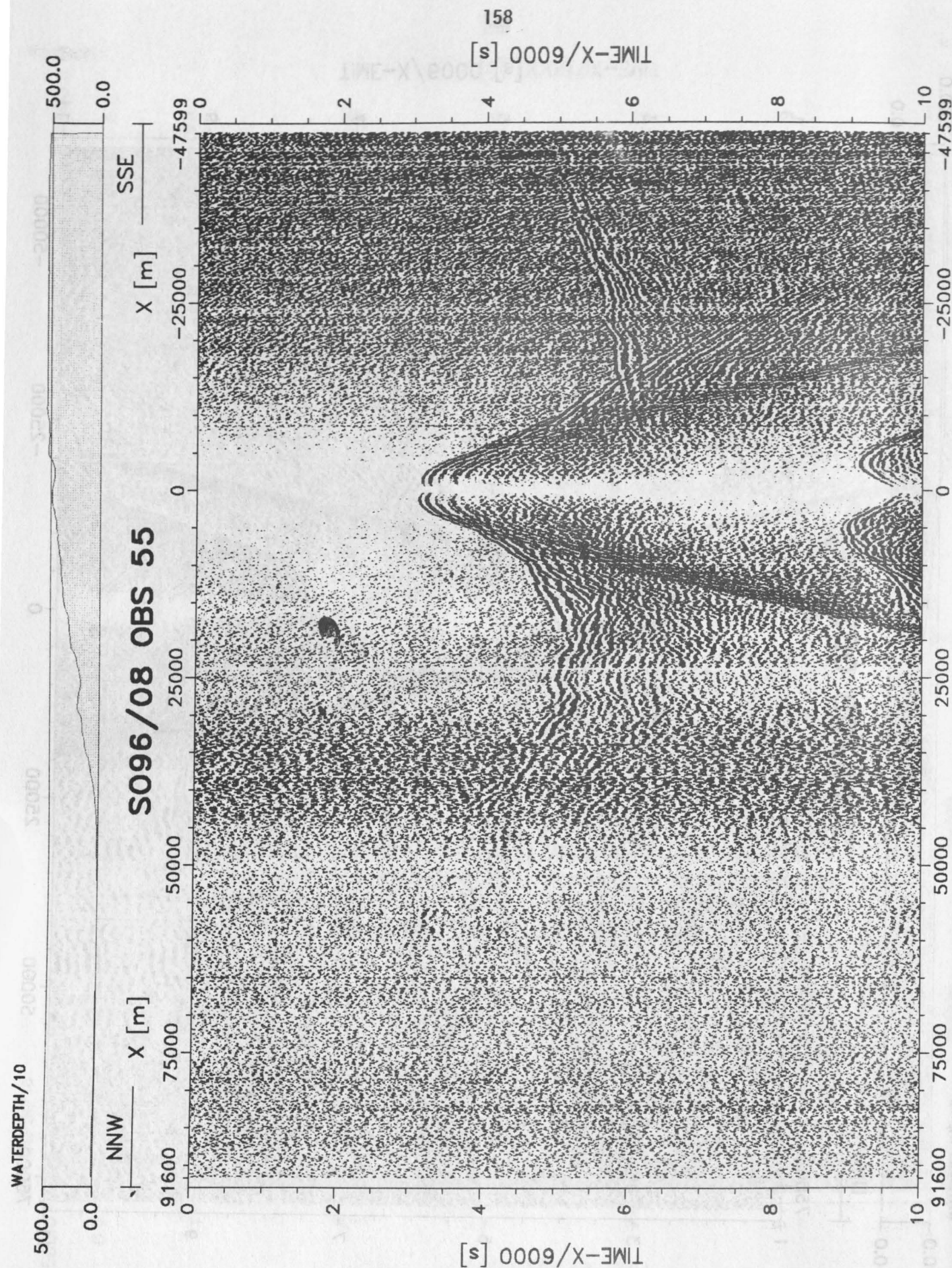


Abbildung 5.6.4.8.9 Seismogrammsection der OBS-Position 55 auf Profil 8. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben, Filter: 3-15 Hz.

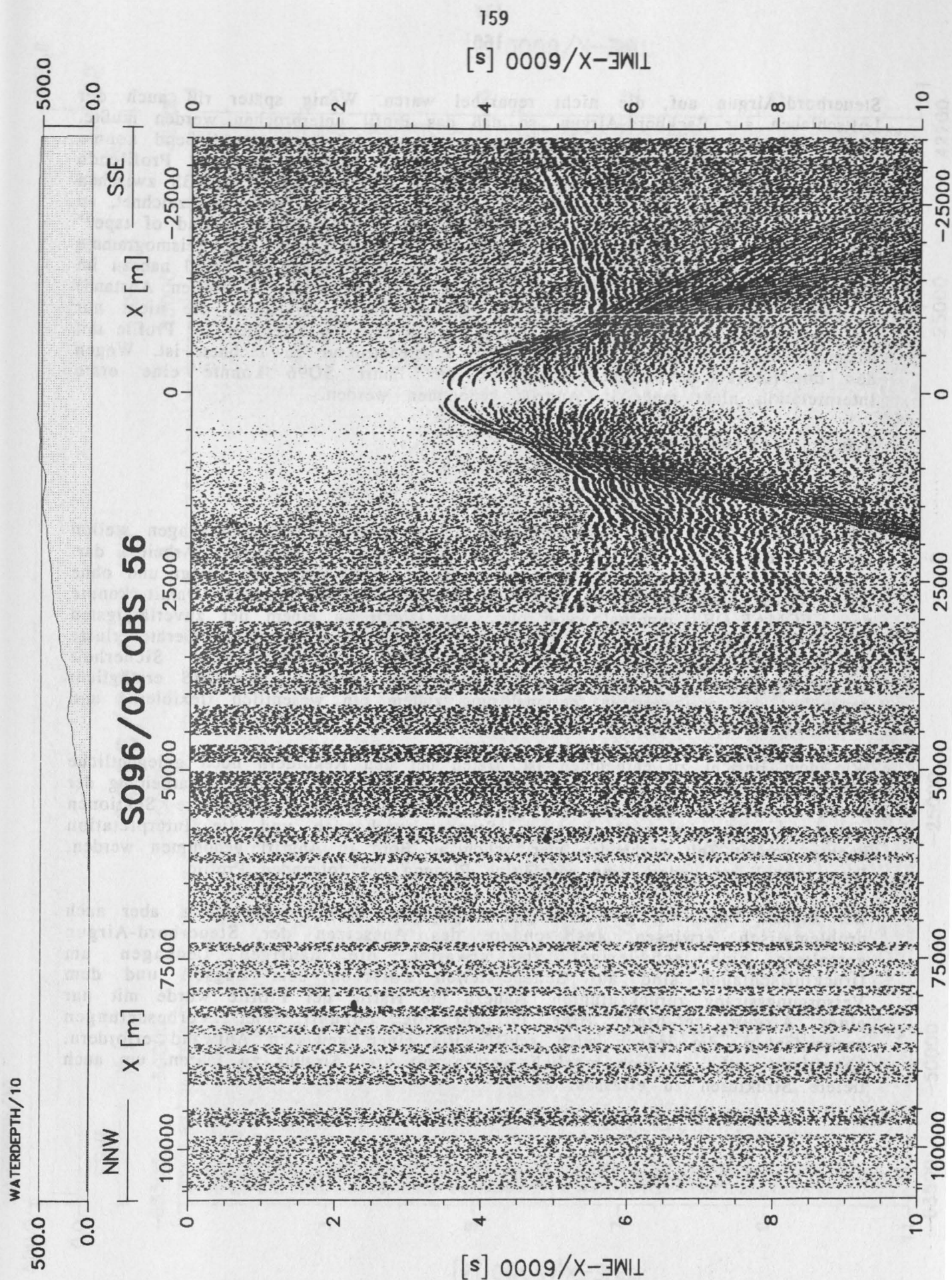


Abbildung 5.6.4.8.10 Seismogrammsection der OBS-Position 56 auf Profil 8. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben, Filter: 3-15 Hz.

Steuerbord-Airgun auf, die nicht reparabel waren. Wenig später riß auch der Luftschlauch zur Backbord-Airgun, so daß das Profil unterbrochen werden mußte. Dieser Schaden war jedoch innerhalb einer Stunde behoben, anschließend konnte das Profil mit nur einer Kanone ohne weitere Störung bis zum Profilende abgefahren werden. Nach einer weiteren EXPLOS Station wurden die OBS zwischen 20:00 und 23:00 geborgen. Fünf der sechs Geräte hatten alle Daten aufgezeichnet, an der Position 62 trat wieder der schon bekannte Fehler "Bandfehler - End of tape?" auf, den wir auf der Fahrt nicht erfassen und beheben konnten. Die Seismogramme sind in den Abbildungen 5.6.4.9.1 bis 5.6.4.9.5 gezeigt. Obwohl das Profil nahezu im Streichen verläuft und alle Geräte relativ dicht nebeneinander (2 Meilen Abstand) positioniert waren, sind doch deutliche Unterschiede zu erkennen, die nicht nur die Datenqualität betreffen. Es zeigt damit an, das auch im Streichen der Profile mit ausgesprochenen lateralen Variationen der Krustenstruktur zu rechnen ist. Wegen des unmittelbar bevorstehenden Endes der Fahrt SO96 konnte eine erste Interpretation nicht mehr in Angriff genommen werden.

5.6.5 Schlußbemerkung

(E. Flüh)

Die auf der Fahrt SO96 durchgeführten seismischen Weitwinkelmessungen stellen für die OBS-Gruppe von GEOMAR einen Höhepunkt der bisherigen Arbeiten dar. Nicht ohne Stolz kann festgestellt werden, das 62 OBS-Positionen belegt und ohne Geräteverlust oder Beschädigung wieder geborgen werden konnten. Damit konnte das GEOMAR-OBS innerhalb von nur zwei Jahren zu einem der zuverlässigsten Instrumente entwickelt werden. Obwohl in der marinen Forschung Geräteverluste nie auszuschließen sind, scheint sich unser auf größtmögliche Sicherheit ausgelegtes Konzept zu bestätigen. Die akustische Auslösung der OBS ermöglicht gegenüber der preiswerteren Zeitauslösung zudem ein wesentlich flexibleres und damit effizienteres Arbeiten.

Wie dem Bericht zu entnehmen ist, treten bei den Rekorden noch gelegentliche Softwarefehler auf, die es in der Zukunft zu beseitigen gilt. Für die Bearbeitung der Daten wurde ein sehr schneller Weg gefunden. Fertig prozessierte Sektionen waren stets bereits nach wenigen Stunden vorhanden und die Interpretation konnte, soweit Zeit vorhanden war, schon an Bord in Angriff genommen werden. Dies ermöglichte zudem eine sorgfältige Planung der folgenden Profile.

Der Einsatz von zwei großvolumigen Airguns hat sich als notwendig, aber auch problematisch erwiesen. Insbesondere das Aussetzen der Steuerbord-Airgun gestaltete sich schwieriger als erwartet, die häufigen Leckagen am Druckluftschlauch sind auf Scheuerstellen zwischen dem Zugseil und dem Versorgungsstrang zurückzuführen. Nahezu die Hälfte der Profile wurde mit nur einer Airgun gefahren. Hier ist für die Zukunft über Verbesserungen nachzudenken, die jedoch auch schiffsseitig einen gewissen Aufwand erfordern. Langfristig sollte es auch möglich werden mit drei Airguns zu fahren, um auch tiefere Strukturen zu erfassen.

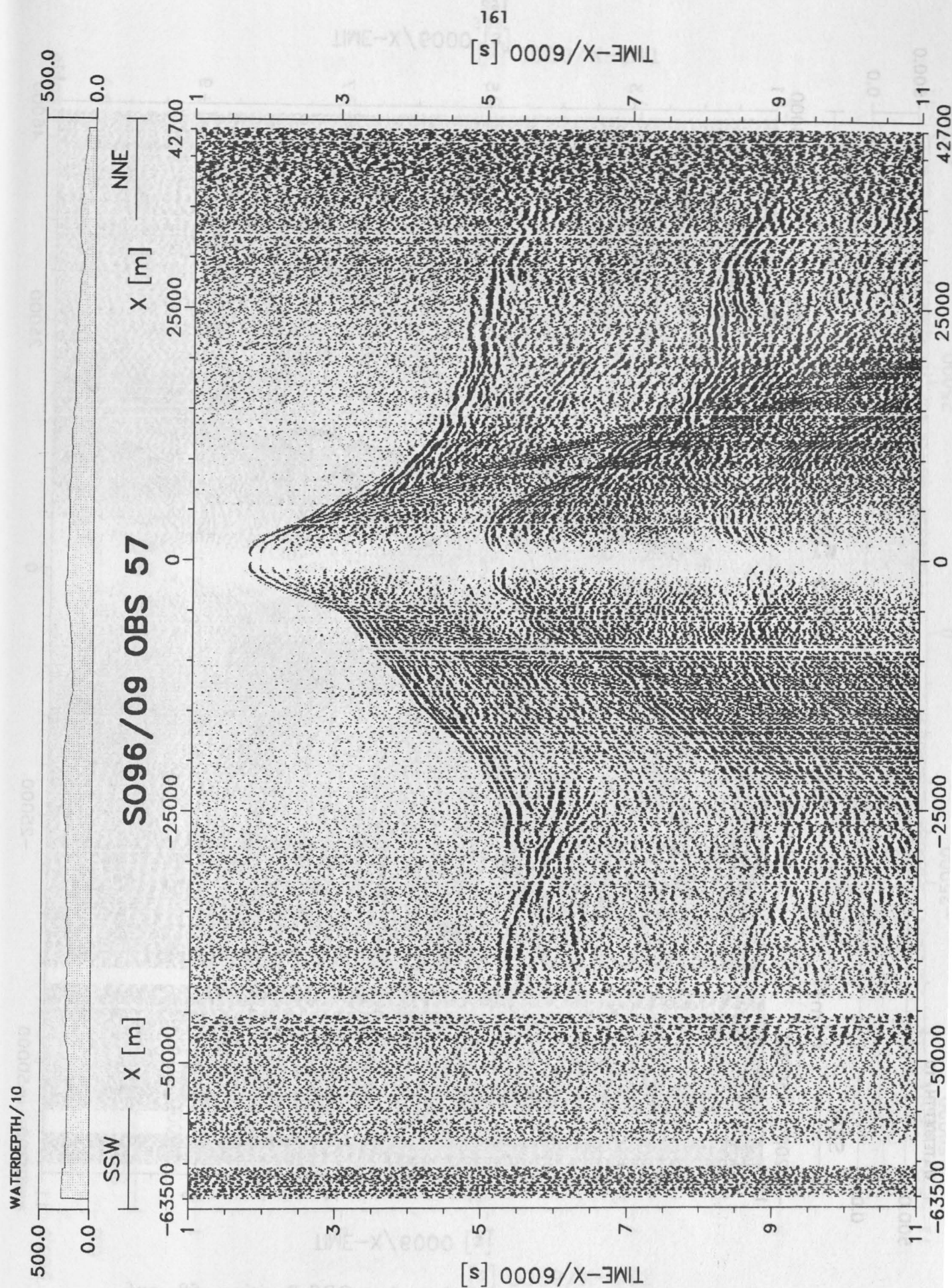


Abbildung 5.6.4.9.1 Seismogrammsection der OBS-Position 57 auf Profil 9. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben, Filter: 3-15 Hz.

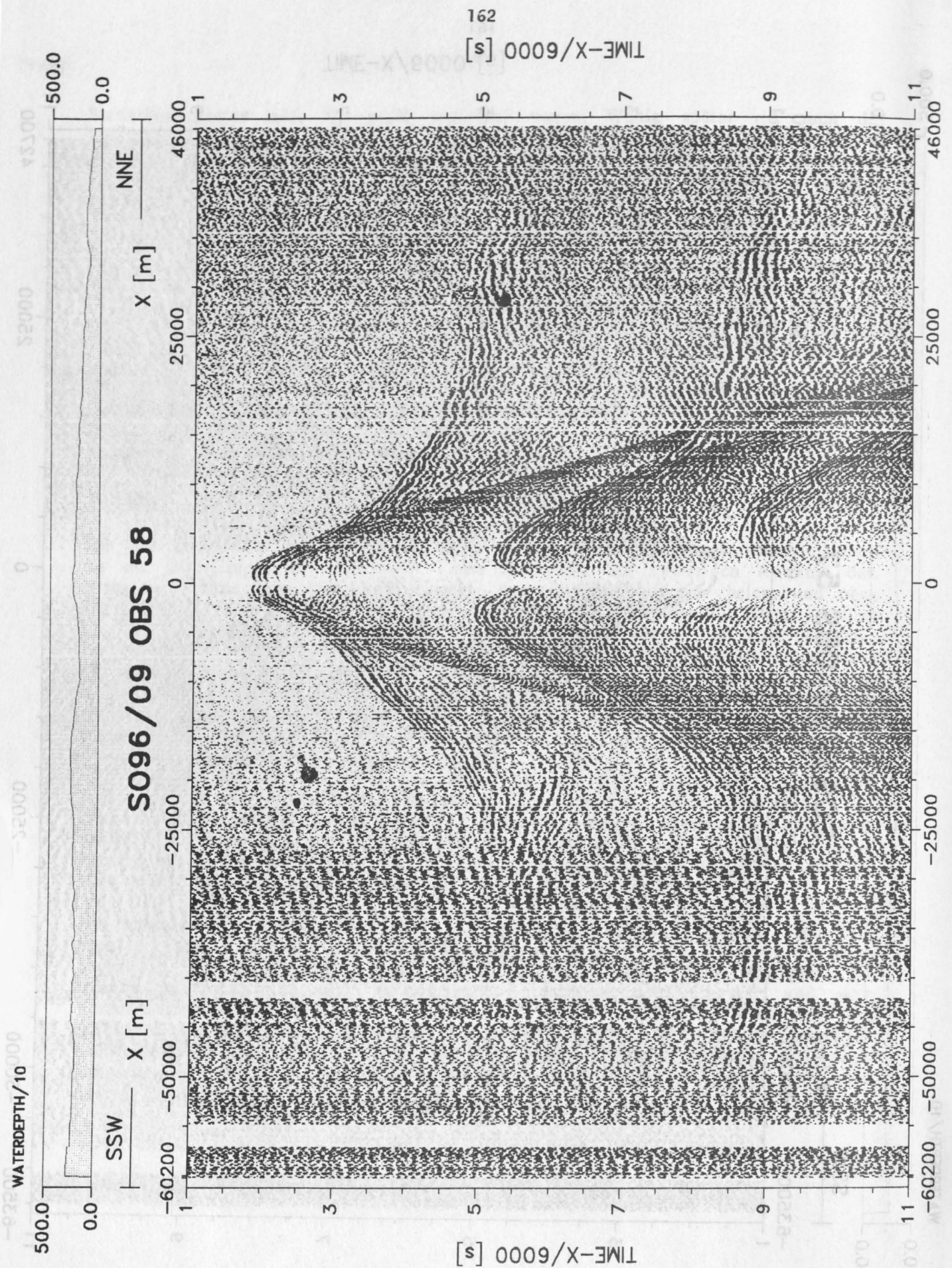


Abbildung 5.6.4.9.2 Seismogrammsection der OBS-Position 58 auf Profil 9. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben, Filter: 3-15 Hz.

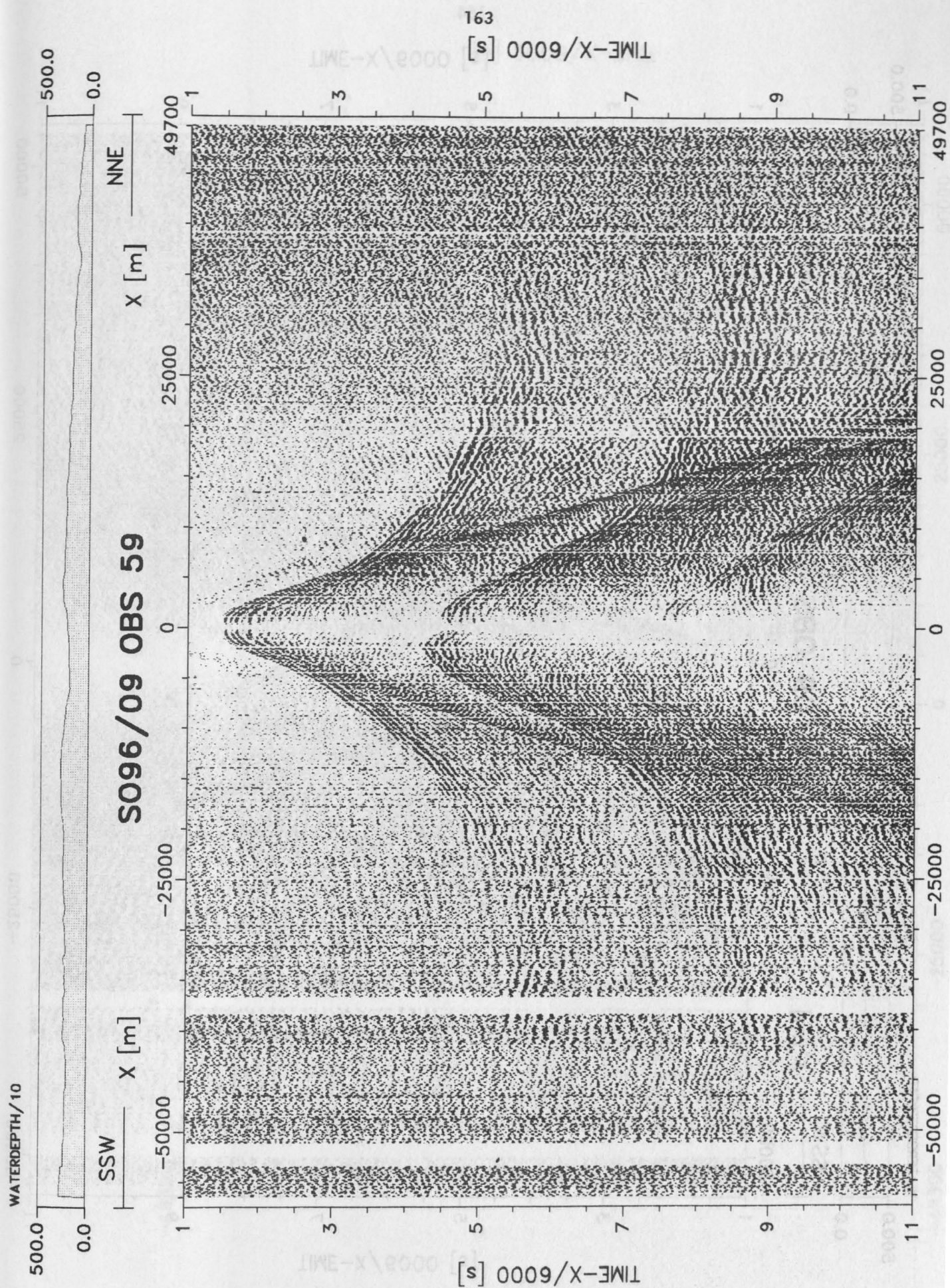


Abbildung 5.6.4.9.3 Seismogrammsection der OBS-Position 59 auf Profil 9. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben, Filter: 3-15 Hz.

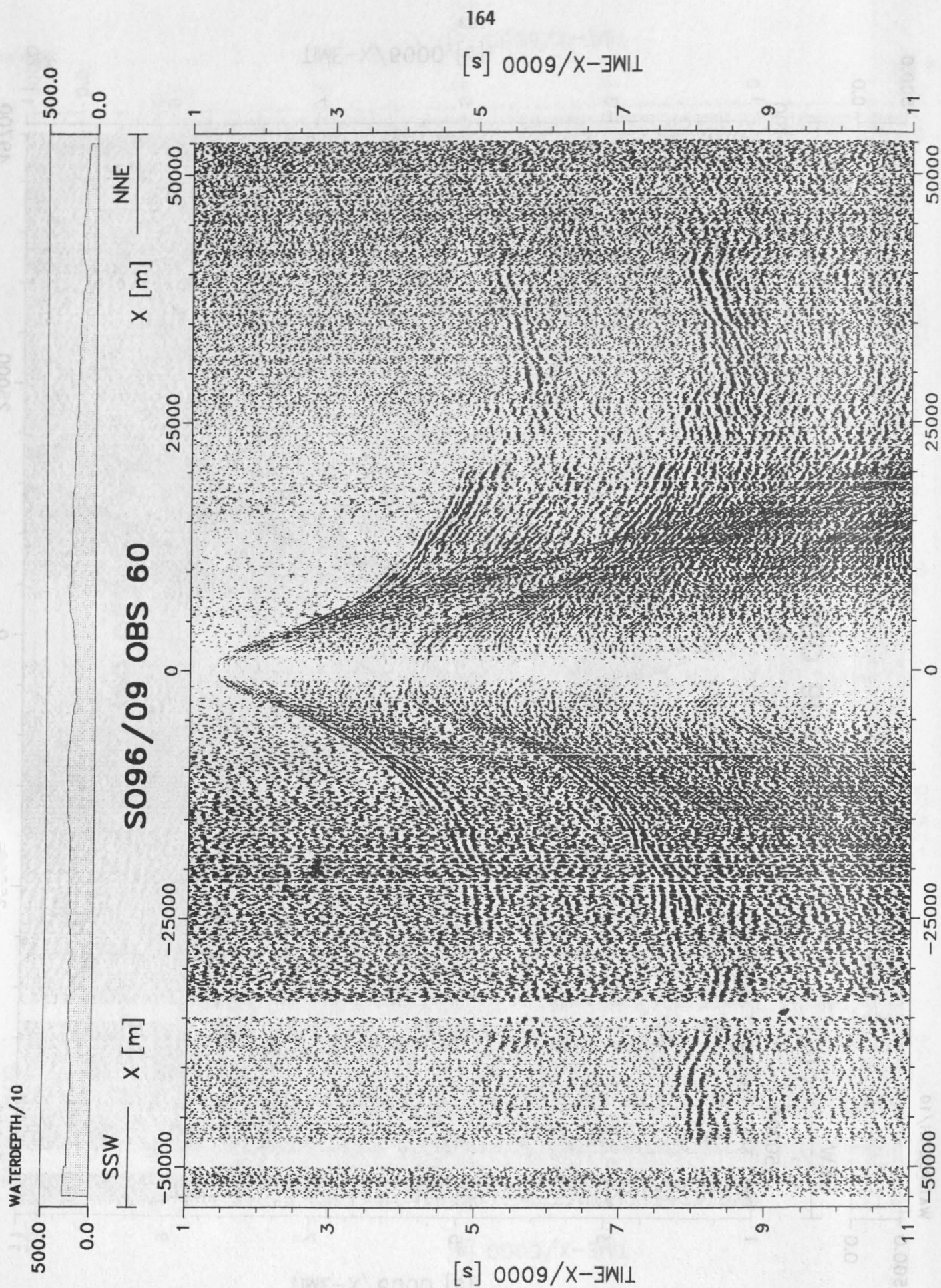


Abbildung 5.6.4.9.4 Seismogrammsection der OBS-Position 60 auf Profil 9. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben, Filter: 3-15 Hz.

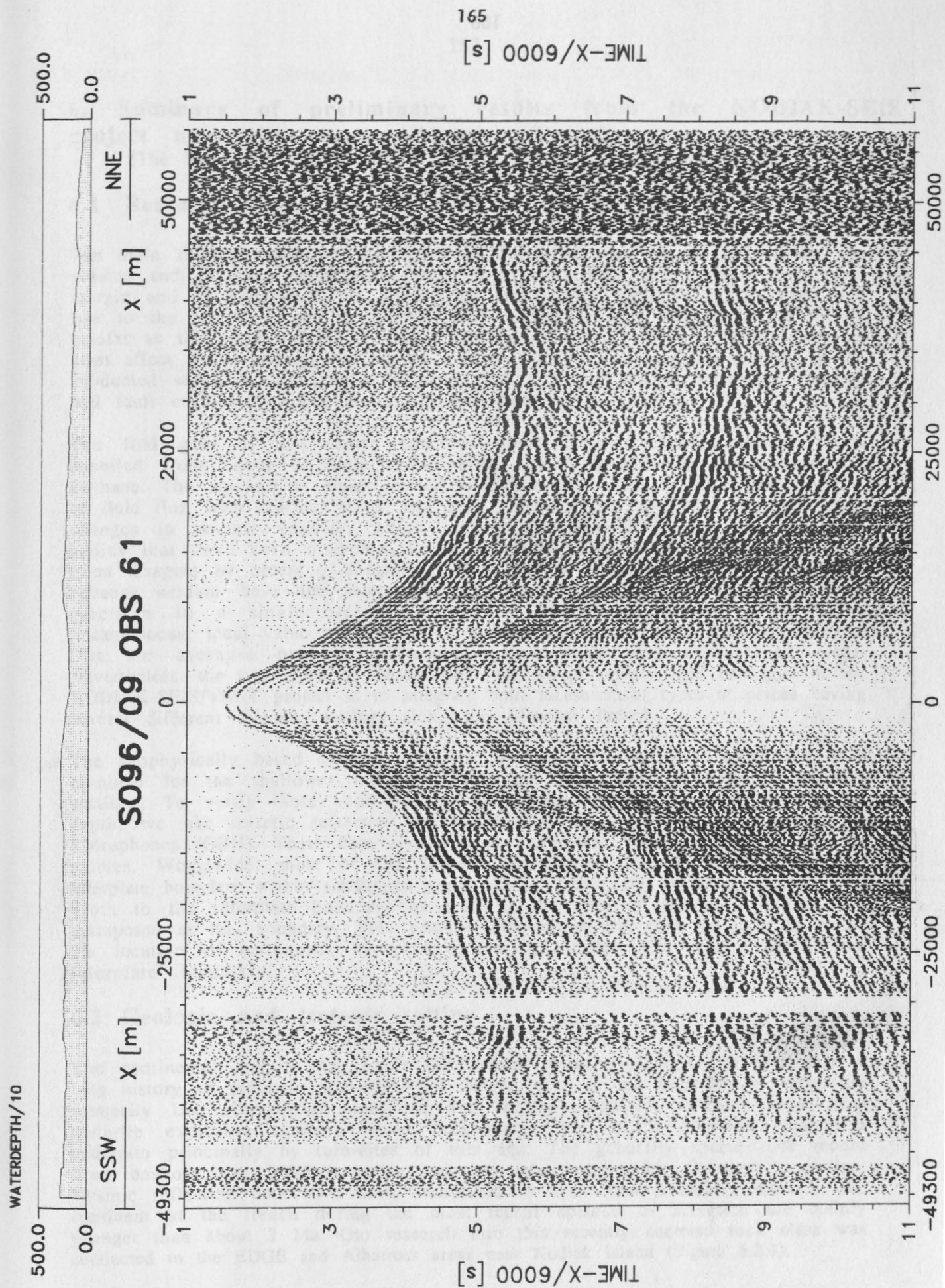


Abbildung 5.6.4.9.5 Seismogrammsection der OBS-Position 61 auf Profil 9. Bearbeitung wie unter 5.6.2 beschrieben, Filter: 3-15 Hz.

6. Summary of preliminary results from the KODIAK-SEIS project near the eastern Aleutian Trench (The Shipboard Scientific Party, SO96)

6.1 Research goals

The main research goals of the KODIAK-SEIS/VENT project are to estimate the volume and chemical composition of fluid expelled from the Aleutian convergent margin and to understand the genesis of earthquakes within a region that gave rise to the second largest earthquake ever recorded. These two goals are related insofar as the large volume of fluids expelled from subducted sediment worldwide must affect global climate whereas on a more restricted scale, fluids retained in the subducted sediment and igneous oceanic crust probably control interplate coupling and fault mechanics within the subduction zone.

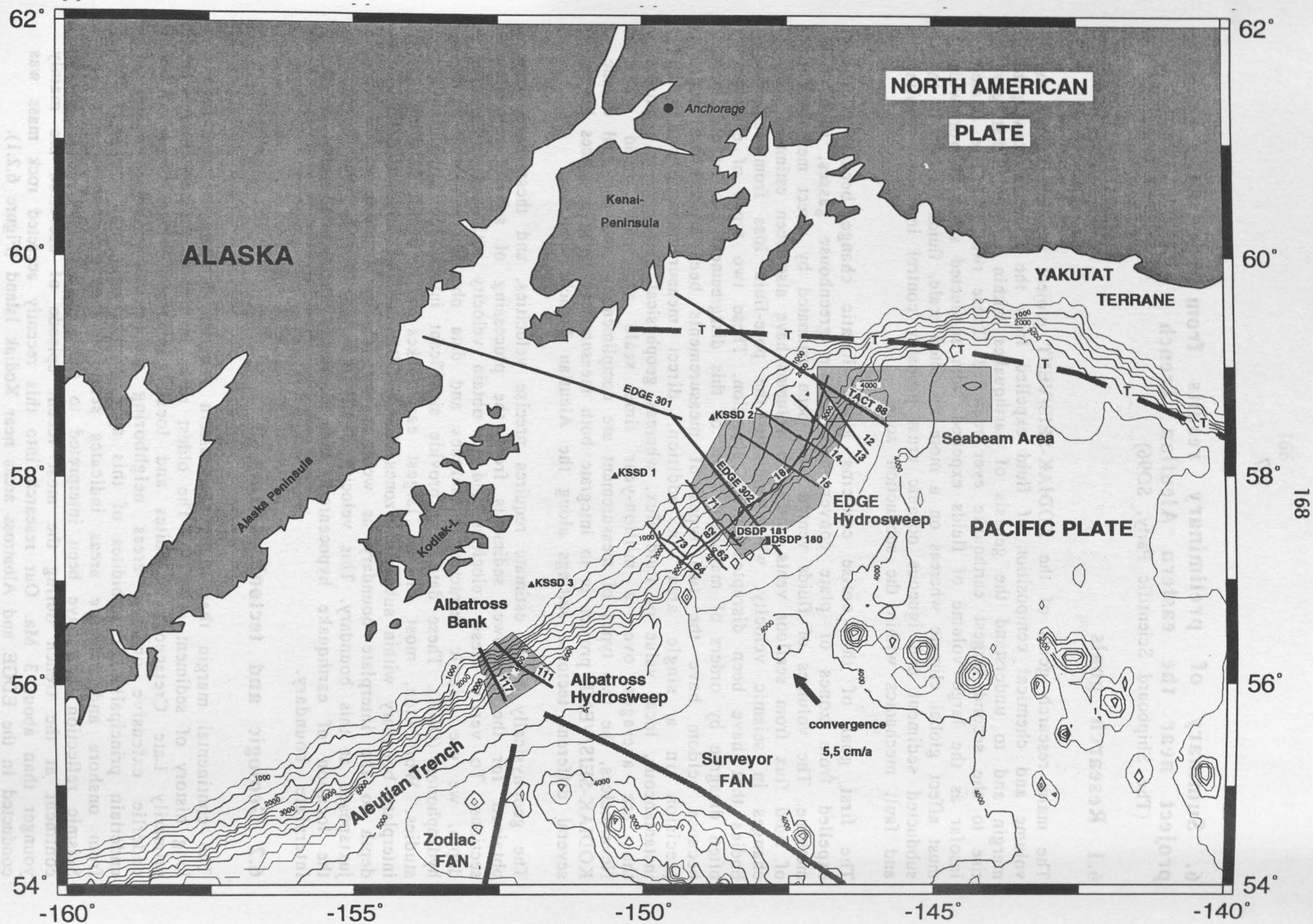
The first goal of this cruise concerns global-climatic change because fluids expelled from zones of plate convergence contain greenhouse gasses, such as methane. The volumes of fluids vented have been estimated by direct measurement of fluid flux from seafloor vents, and such volumes have also been estimated from changes in seismic velocity, which indicate the pore-fluid loss from sediment bodies that have been disrupted during accretion. These two types of estimates often disagree by orders of magnitude. Part of this disagreement can be explained because seldom have the two types of measurements been made with equal precision in a single area; in addition, direct measurement provides an instantaneous, local value of fluid flux, whereas geophysical data provide estimates that are averages over a million-year time scale and over broad areas. Nevertheless, the two types of measurement are complimentary, and one goal of the KODIAK-SEIS/VENT project is to integrate both measurement types at places having several different tectonic settings along the Aleutian Trench.

The geophysically based estimate requires precise velocities, and these have been obtained for the shallower sediments from the processing of seismic reflection sections. To verify these velocities and to obtain velocity estimates from great depth, we use seismic refraction techniques and data obtained by ocean-bottom hydrophones (OBH). These data also provide significant information for earthquake studies. Worldwide, most of the largest earthquakes have occurred along the interplate boundary within subduction zones. Using OBH data we hope to define the depth to the interplate boundary as well as the velocity structure of the rock juxtaposed at this boundary. This velocity distribution can then be used to refine the location of earthquake hypocenters and to clarify their relationship to the interplate boundary.

6.2 Geologic and tectonic setting

The continental margin that fronts the eastern Aleutian Trench has undergone a long history of sediment accretion. The oldest rocks in the accretionary wedge are primarily Late Cretaceous turbidites and locally important volcanic rocks that underlie extensive onshore areas neighboring the trench. Kodiak Island is underlain principally by turbidites of this age. The generally sparse rock record from onshore and offshore areas indicates semi-continuous, Cenozoic accretion. Seismic reflection data have been interpreted to show that sediment added to the continent at the trench during the most recent episode of accretion are mainly younger than about 3 Ma. Our research into this recently accreted rock mass was conducted in the EDGE and Albatross areas near Kodiak Island (Figure 6.2.1).

Abbildung 6.2.1. Map showing the location of the study areas and swathmapping along the eastern Aleutian Trench.



The oceanic Pacific plate that subducts near the northeastern end of the Aleutian Trench is Eocene, and plate convergence proceeds at 5.4 cm/yr along N15°W (DeMets et al., 1990). The Aleutian Trench is the northern boundary of the Pacific plate, but the plate boundary below the eastern Gulf of Alaska is complicated by the presence of the Yakutat terrane, which is currently colliding with Alaska. Depending on the degree of coupling between this terrane and the Pacific plate, the terrane could be detached from the oceanic plate, and hence be part of the continent, in which case the plate boundary lies along the southwest flank of the terrane. Alternatively, the Yakutat terrane could still move with the Pacific plate, so that the plate boundary lies within spectacularly rugged mountain ranges onshore, along the strike-slip Fairweather and Queen Charlotte faults. The degree of coupling remains controversial. Despite this uncertainty, the terrane has important implications for the research goals of the KODIAK-SEIS/VENT project because this terrane probably collided with the accretionary wedge near the EDGE survey area.

According to one reconstruction of the plate-tectonic history of the north Pacific region, during the Oligocene the Yakutat terrane lay off Washington or Oregon and subsequently it moved generally northward (Bruns, 1983). The shape of the subducted part of the terrane is poorly known, but a high-amplitude magnetic anomaly extends not only along the southern flank of the unsubducted part of the terrane but also for more than 100 km across the continental shelf to where the anomaly apparently ends at the Kenai Peninsula. The part of the magnetic anomaly that crosses the shelf is thought to show how much of the Yakutat terrane has been subducted.

Reconstructing the late Cenozoic path of the magnetic anomaly, assuming it moved with the Pacific plate, places part of the terrane at the base of the slope, within the EDGE survey area, between 3 to 5 Ma ago. Subsequently, the terrane swept northeastward along the trench to its present position within the continental margin below the eastern Gulf of Alaska.

The Aleutian Trench is about 4.5 to 5.5 km deep in the survey areas and is underlain by more than 2 km of terrigenous, deep-sea-fan deposits that carry abundant interstitial fluids into the subduction zone. Three major deep-sea fan bodies were deposited on the Pacific plate, two of which are being subducted at the Aleutian trench (Figure 6.2.1). The Surveyor fan includes primarily late Cenozoic debris shed from continental glaciers. The main part of the Zodiac fan subducts at the Aleutian trench southwest of the Surveyor fan, near the Albatross and beneath the Shumagin areas. The Zodiac fan includes thick early Cenozoic deposits that have enigmatic origin but seem to have been derived from the coastal batholithic complex of British Columbia (Stevenson et al., 1987). The Barnoff fan underlies the far eastern Gulf of Alaska. Our research does not concern this fan because it is not yet being subducted at the trench.

6.3 Preliminary results

Hydrosweep data from the EDGE Area

The EDGE area lies east of Kodiak Island and includes a corridor across the continental slope and trench (Figure 6.2.1). The acronym EDGE refers to a consortium of U.S. academic institutions that in 1988 cooperated to collect deep-crustal, seismic reflection data across the Alaskan margin from the magmatic arc to the trench (Moore et al., 1991). Chemical and geophysical surveys are located in the

immediate vicinity of these high-quality seismic data to allow us to build on previous findings that rapid reduction in sediment porosity had occurred locally. The pre-stack depth-migrated seismic section shows the true structural geometry without the distortion inherent in a section for which the vertical axis is in traveltime.

Hydrosweep bathymetry was acquired over an area that extends from about 30 km southwest of the EDGE seismic line to about 120 km northeast of this line (Figure 6.3.1). In addition, unpublished GLORIA data were available for part of this area, and Seabeam data show the bathymetry of the foot of the margin northeast of where we surveyed. Within the mapped area, an east-west trending scarp across the middle slope divides the surveyed area into a higher standing, rugged part to the northeast and a lower, more uniform part to the southwest (Figures 6.3.1 to 6.3.3). This scarp is informally called the Portlock escarpment because it extends eastward from near the transverse Portlock Bank on the Kodiak shelf. Conventional bathymetry indicated a gradual morphological change across the Portlock escarpment; Hydrosweep data, however, reveal a sharp morphotectonic feature.

In fact, the Portlock escarpment is one of the most prominent features evident in slope bathymetry. This escarpment swings across the slope, curving from an east-west trend in the middle slope to a north-northeast trend near the base of the slope, where it forms the first high escarpment at the base of the margin. The relief of the escarpment increases irregularly downslope. Across the uppermost part of the slope, the escarpment has little or no expression in bathymetric data. Under the midslope, however, 6 to 7 ridges surmount the escarpment, accentuating the irregular slope topography. At the base of the margin in the northeast corner of the map, the escarpment develops its greatest relief where it drops 2.5 km to the trench floor over a distance of just 7 km. Seabeam bathymetry obtained northeast of the area we mapped show that the escarpment continues to near the northeastern end of the Aleutian trench.

The Portlock escarpment divides the middle and lower parts of the continental slope into two morphologic provinces. Northeast of the escarpment, the slope generally has high relief. For example, the middle part of the slope northeast of the escarpment has highly varied morphology, but in general, numerous northeast-trending ridges have high relief and a sharp, angular appearance. The longest ridge extends for 55 km. The main exception to this generalization about high relief is a broad, midslope terrace that is located northeast of the mapped area, as shown in unpublished Seabeam data.

An important feature in the northeastern part of the Hydrosweep map is an indentation in the deformation front, where this front is offset landward by about 25 km. An array of unusual topographic features accompany this indentation: 1) at the back of the indentation, the Portlock escarpment abruptly increases to twice the height it has elsewhere; 2) a zone of small ridges in the trench end abruptly where the indentation begins; and 3) the southeastern third of the indentation is spatially associated with a rugged midslope area, whereas the northeastern two-thirds of the indentation is spatially associated with a smooth, midslope terrace, as shown in Seabeam data. Within the indentation submarine fans in the trench have been fed by sinuous channels that weave around the high-relief topography of the northeastern area. These channels are deeply incised through the slope ridges and debauch onto the trench floor.

In contrast to the sharply expressed northeastern topography, the topography southwest of the Portlock escarpment tends to be relatively subdued and rounded.

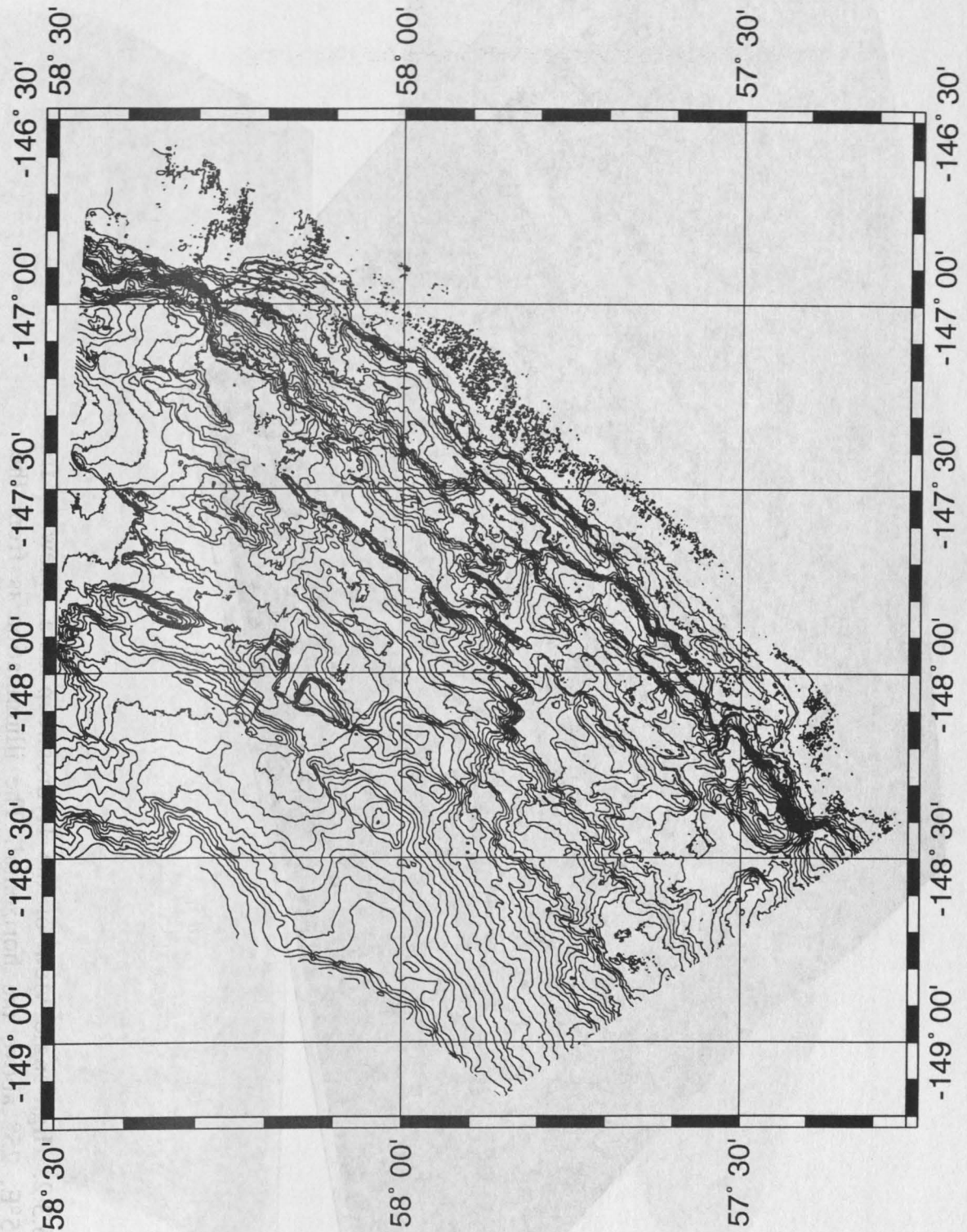


Abbildung 6.3.1. Hydrosweep map of the EDGE area processed with the Lamont software. Line denotes a seaward area inferred to have accreted after subduction of the Yakutat terrane and a landward area tectonized during subduction.

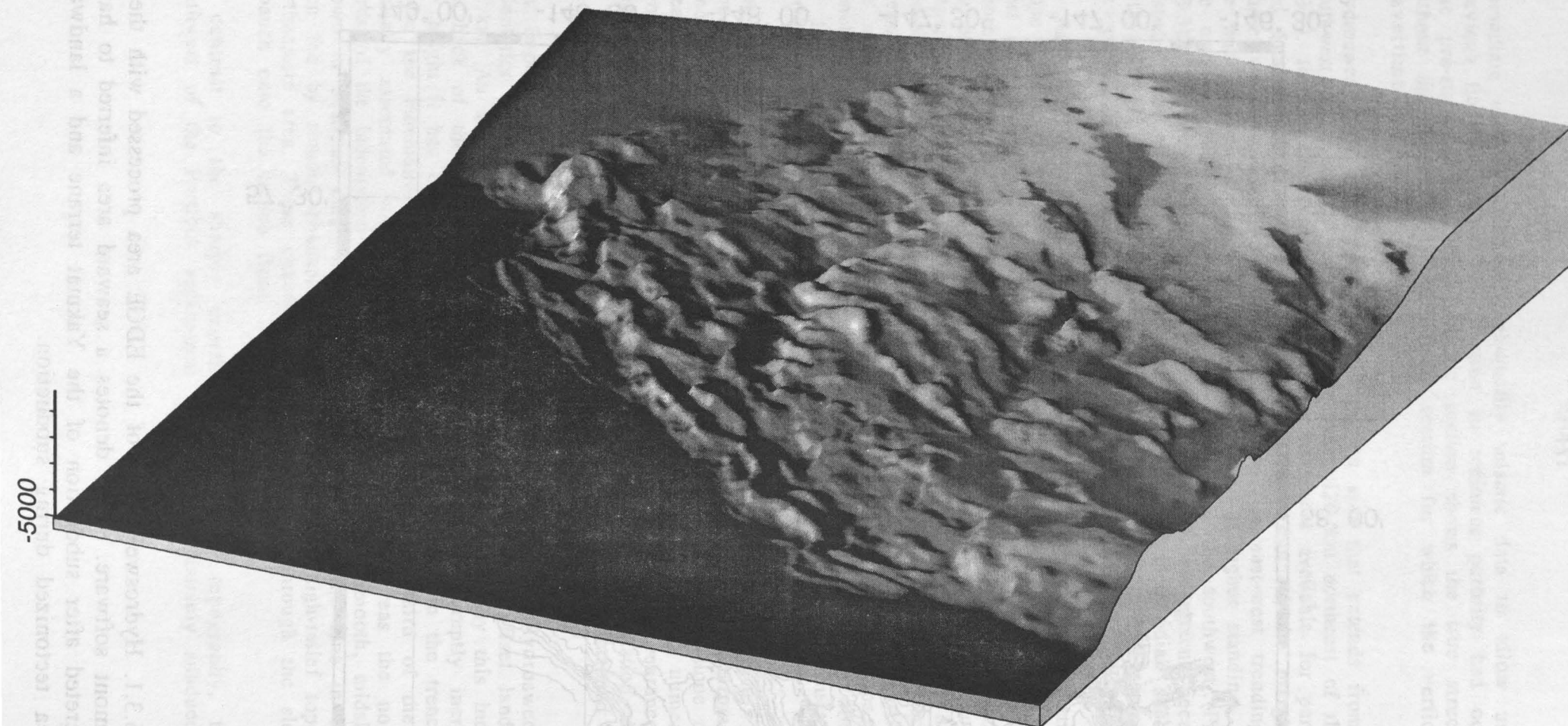


Abbildung 6.3.2. High-angle view of the Hydrosweep data. View is from N65°E, 25° above the horizontal. The illumination is from the southeast.

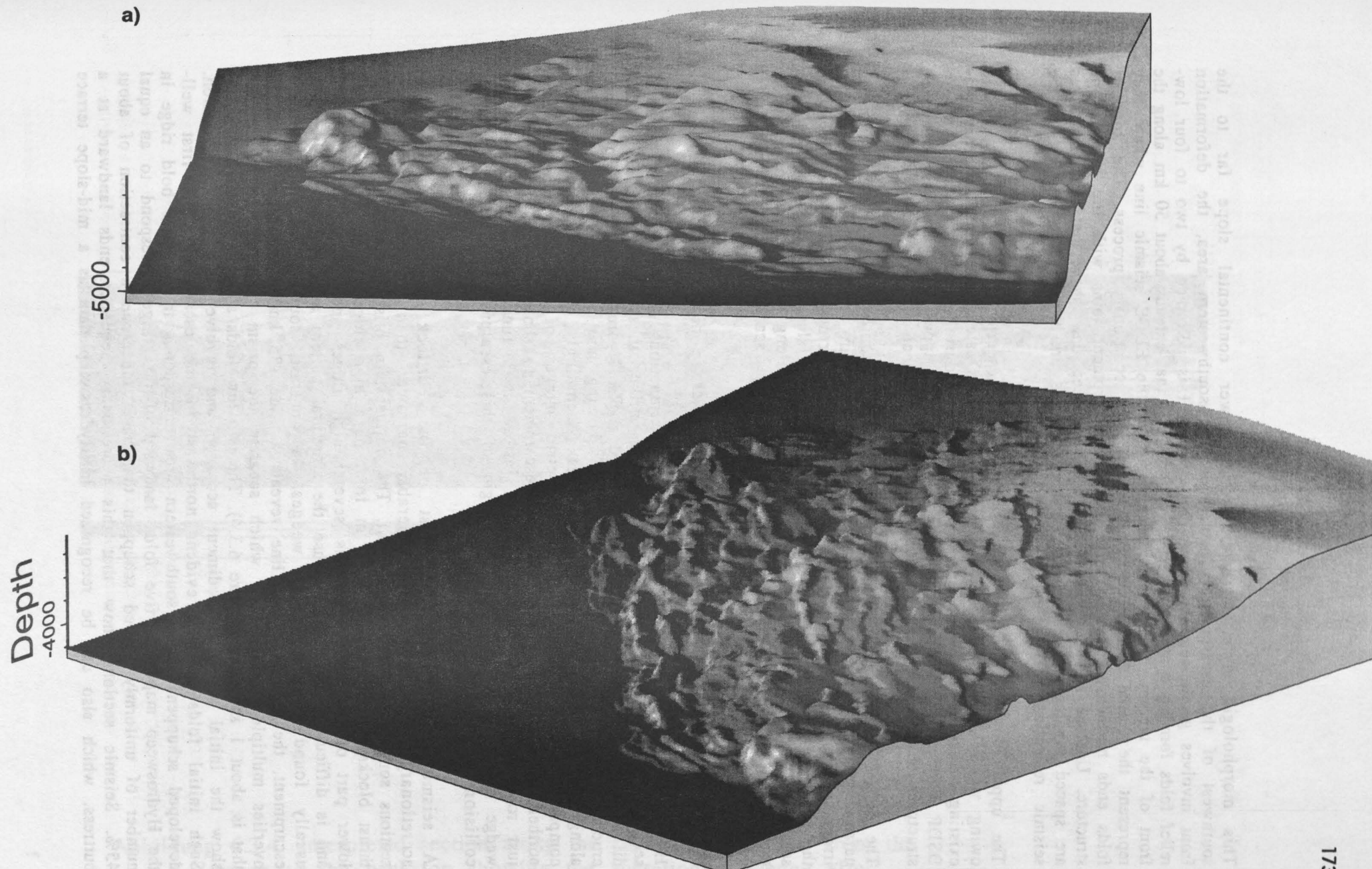


Abbildung 6.3.3. High-angle view of the Hydrosweep data. a) View is from N85°E, 10° above the horizontal. The illumination is from the southeast. b) View is from N45°E, 15° above the horizontal. The illumination is from the southeast.

This morphologic style characterizes the lower continental slope far to the southwest of the escarpment. Throughout this southwestern area, the deformation front involves gentle seafloor dips. The trench fill is deformed by two to four low-relief folds forming a zone that is 7 km wide and that extends about 50 km along the front of the margin. These folds are imaged in the EDGE seismic line where they represent the initial folding and faulting of the accretionary process. The zone of folds ends northeastward where the Portlock escarpment joins with the lower slope structure. Upslope from the initial folds, Hydrosweep data show that seafloor ridges are spaced regularly at about the same interval as are thrust faults evident in the seismic reflection sections.

The upper slope on both sides of the Portlock escarpment is generally smooth, owing we believe, to deposition of an apron of Quaternary sediment across pre-existing structure. Slope sedimentation was rapid during glaciation, as shown in DSDP cores. An additional reason for the smooth upper slope area is that deep structures have low relief, as indicated by multichannel seismic sections.

The separation between the upper slope and the continental shelf lies along a narrow seafloor scarp that averages about 400 m in height. This scarp has a irregular map trace and extends almost without interruption along the length of the continental shelf east and southeast of Kodiak Island. Although part of this scarp has been interpreted as evidence for offset along a major, out-of-sequence, thrust fault, our preferred interpretation is that the scarp results from periglacial deposition during a Quaternary ice advance.

Preliminary Interpretation of Accretionary Tectonics in the EDGE area

Hydrosweep data must be interpreted in conjunction with multichannel seismic sections because over short distances along strike, these sections reveal marked differences in the structural style of accreted rocks. Hydrosweep data can provide a crucial element of the third dimension by showing how tectonic features correlate along strike between the seismic sections. Accordingly, in this section we first compare seismic reflection and bathymetric images of the accretionary wedge northeast and southwest of the Portlock escarpment to show that this feature is not just rooted in shallow morphology but instead is a fundamental structure of the wedge and then we interpret the origin of this escarpment in terms of terrane collision.

A seismic section from northeast of the Portlock escarpment reveals an accretionary prism that is considerably narrower than the prism evident on sections southwest of the escarpment. The northeastern prism includes 2 or 3 main thrust blocks or schuppen that lie in front of a high ridge. A complexly deformed lower part of the wedge contains several high ridges and sediment-filled troughs and is difficult to interpret because the structural pattern appears to be unlike that usually found in accretionary wedges. In contrast, southwest of the Portlock escarpment, the EDGE seismic line reveals a wide (35 km) accretionary prism that overlies multiple decollements, which separate the prism from subducted sediment that is about 1 km thick (Figure 6.3.4). The two low folds adjacent to the trench axis show the initial stages of sediment accretion and involve only minor contraction. Such initial folds are not evident northwest of the escarpment. The first well-developed schuppen in the southwestern area corresponds to the first bold ridge in the Hydrosweep map. The five folds landward of this ridge correspond to an equal number of uniformly spaced schuppen that have undergone a contraction of about 45%. Seismic sections show that this accretionary sequence ends landward at a buttress, which also can be recognized in Hydrosweep data as a mid-slope terrace

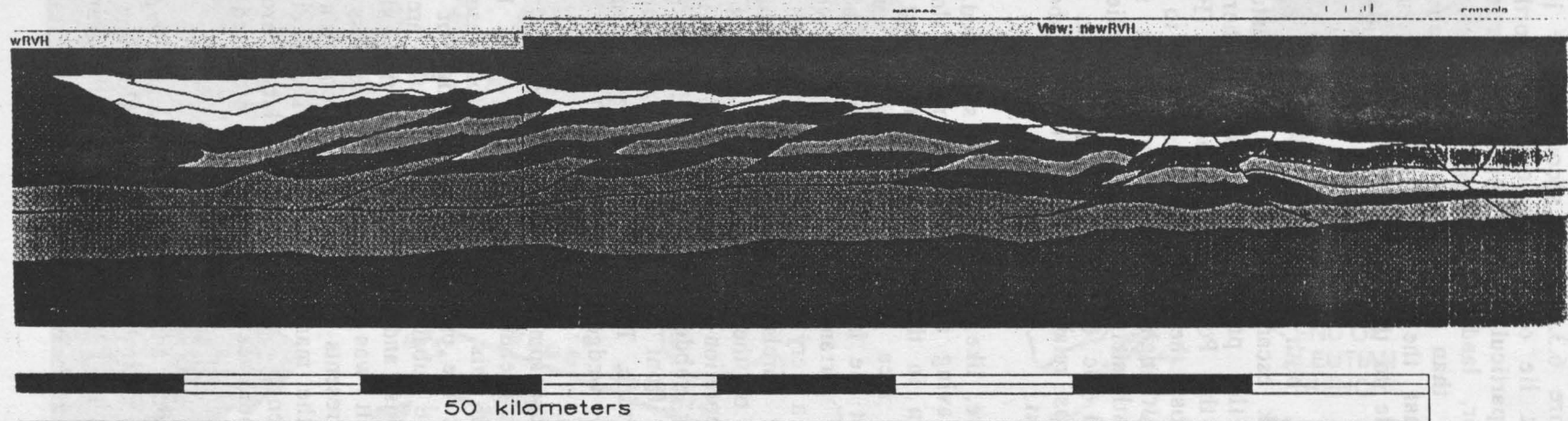


Abbildung 6.3.4. Interpreted section along the EDGE seismic line from the trench to the backstop showing the accretionary wedge after collision of the Yakutat terrane.

where the seafloor dips gently. Thus, combined interpretation of bathymetric and seismic images indicate two tectonic sectors. The first is the zone of young accretion that lies south of the Portlock escarpment and seaward of the backstop, under the midslope terrace (Figure 6.3.1). The second sector includes older, less tectonically active structures that lie on the upslope and northeast sides of the backstop and escarpment. In particular, the upper slope is underlain by a sediment-covered series of minor, landward-verging structures that appear to be tectonically much less active than their lower-slope counterparts. Section-balancing techniques indicate that the total contraction across the accretionary prism is about equal in magnitude to the amount of relative plate motion that has occurred during the past 0.5 Ma.

From the foregoing description, both structure and width of the accretionary prism change across the Portlock escarpment, making this feature fundamental to the tectonic processes within the prism. Furthermore, where the escarpment begins under the upper slope, the Portlock anticline ends (Figure 6.3.5). This anticline strikes transversely across the shelf, perpendicular to the strike of all other known shelf structures. Although under the uppermost slope the Portlock escarpment has little or no bathymetric expression, we believe that the near convergence of the anticline and the escarpment suggests that they were formed by the same process, one perhaps related to collision and subduction of a large oceanic feature, as we discuss next.

Commonly when an oceanic feature, like a seamount, is subducted, part of the lower slope is removed tectonically, leaving an indentation in the slope as a erosional scar. For example, the indentation in the deformation front that is evident in the northeastern part of the mapped area is near the collision zone of the Yakutat terrane (Figure 6.3.5). We interpret the indented wedge front to be a scar caused by collision and subduction of the terrane when it was southwest of its present position. The scar is marked by a very steep scarp adjacent to the trench and the near absence of an accretionary foreland, and by the midslope terrace that is adjacent to the northeastern end of the Aleutian trench, as shown in unpublished Seabeam data. The Aleutian indentation resembles one in the lower slope of the Tongan forearc that is caused by subduction of the Louisville Ridge. We propose that the Aleutian indented wedge front is a relic of tectonic erosion that occurred during passage of the Yakutat terrane. The scar has not yet been healed, a process which involves reestablishing the wedge's critical taper.

We propose that the Portlock escarpment can be understood in the context of collision and subduction of some oceanic feature, one possibly but not necessarily related to the Yakutat Terrane. In this proposal the Portlock escarpment marks the limit of tectonic erosion, in effect the escarpment is the edge of a large indentation that has been nearly filled in. The subdued topography of the area southwest of the escarpment represents the tumulus and chaotic debris that slumped to fill in behind the colliding feature as it was subducted. The buttress interpreted to lie below the EDGE seismic line represents the back of the collision scar or, from the opposite viewpoint, the front of the margin that remained after the feature collided and was subducted. This inference implies that a large erosional embayment formed. The location of the southwest side of this proposed collision scar is unknown.

The transverse trend of the Portlock anticline was previously explained as a result of tectonic segmentation of the entire width of the Aleutian arc-trench system. Another possibility is that both the Portlock anticline and escarpment result from

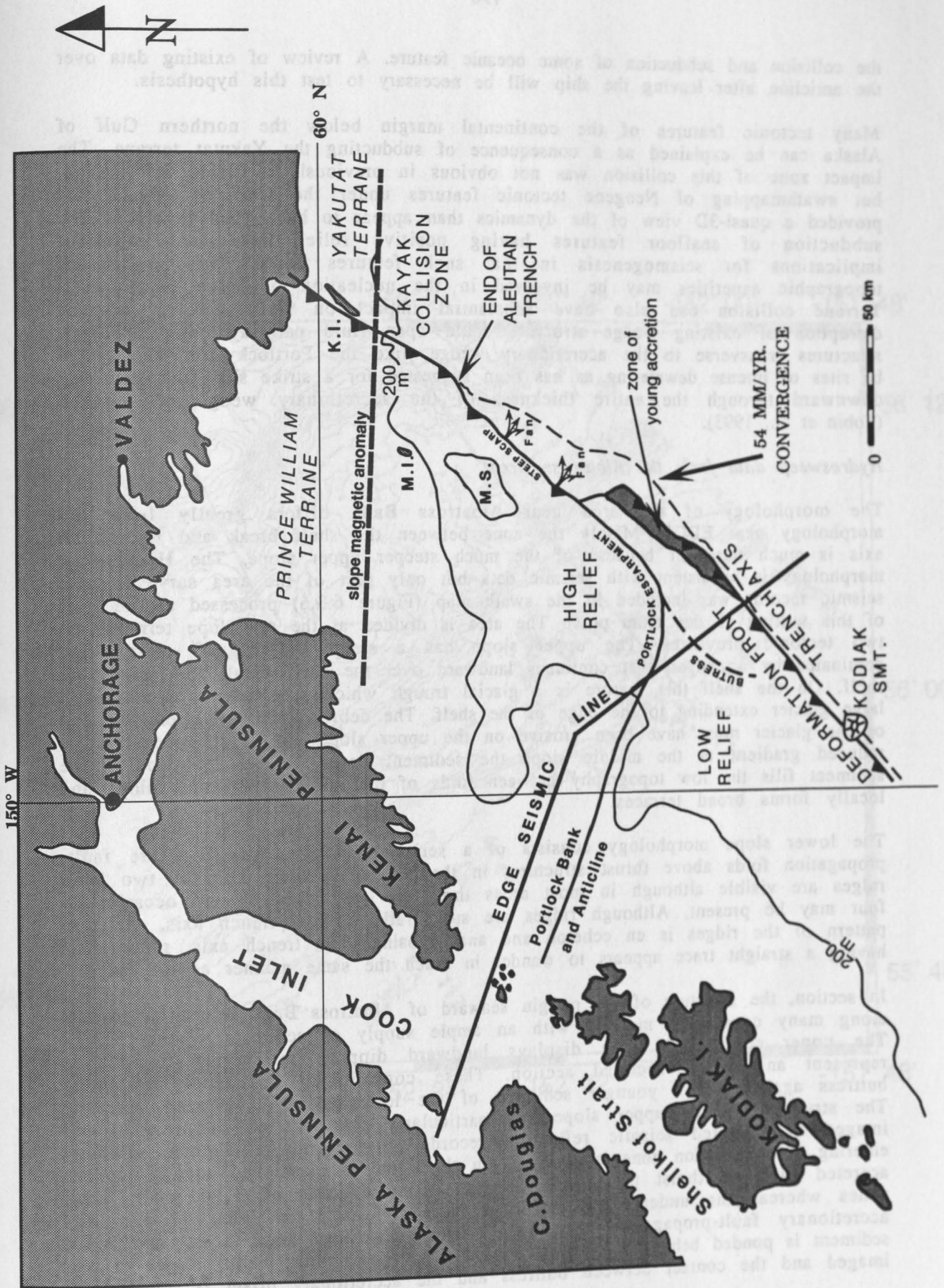


Abbildung 6.3.5. Tectonic sketch map including features interpreted from the swathmapping morphology and seismic data.

the collision and subduction of some oceanic feature. A review of existing data over the anticline after leaving the ship will be necessary to test this hypothesis.

Many tectonic features of the continental margin below the northern Gulf of Alaska can be explained as a consequence of subducting the Yakutat terrane. The impact zone of this collision was not obvious in previously available information, but swathmapping of Neogene tectonic features under the Gulf of Alaska has provided a quasi-3D view of the dynamics than appear to have been involved. The subduction of seafloor features having positive relief has also important implications for seismogenesis in that such features could form significant topographic asperities may be involved in the nucleation of large earthquakes. Terrane collision can also have substantial impact on fluid venting because disruption of existing wedge structure could open fluid pathways. In particular, structures transverse to the accretionary wedge, like the Portlock escarpment, can be sites of intense dewatering as has been suggested for a strike slip fault that cuts downward through the entire thickness of the accretionary wedge off Oregon (Tobin et al., 1993).

Hydrosweep data from the Albatross Area

The morphology of the area near Albatross Bank differs greatly from the morphology near EDGE. Mainly the zone between the shelf break and the trench axis is much narrower because of the much steeper upper slope. The Hydrosweep morphology is consistent with seismic data but only part of the area surveyed with seismic records was included in the swath map (Figure 6.3.6) processed at the time of this writing (1 day from port). The area is divided at the mid-slope terrace into two tectonic provinces. The upper slope has a steep and rugged morphology dominated by a canyon that continues landward over the shelf break and across the shelf. On the shelf this feature is a glacial trough which at one time contained a large glacier extending to the edge of the shelf. The debris discharged from the end of the glacier must have been erosive on the upper slope but as it encountered a reduced gradient at the middle slope the sediment began to be deposited. Slope sediment fills the low topography between folds of the middle and lower slope and locally forms broad terraces.

The lower slope morphology consists of a series of long ridges that are fault-propagation folds above thrust structures in the seismic records. Locally, two main ridges are visible although in most areas three are well defined, and occasionally four may be present. Although ridges are sub-parallel to the trench axis, the map pattern of the ridges is en echelon and anastomosing. The trench axis, rather than having a straight trace appears to wander in much the same manner as the ridges.

In section, the structure of the margin seaward of Albatross Bank is similar to that along many convergent margins with an ample supply of sediment (Figure 6.3.7). The upper continental slope displays landward dipping reflections thought to represent an Eocene accreted section. These consolidated sediments provide a buttress against which younger sediment of the lower slope have been accreted. The structure of the upper slope and particularly the accreted prism was well imaged in migrated seismic reflection records (Figure 6.3.7). Trench sediment entering the subduction zone is about 3 km thick and is partitioned equally into an accreted and underthrust part. The accreted section consists of 2 or more thrust zones whereas the underthrust section is little deformed. In line 111 the first accretionary fault-propagation fold has a well developed back-thrust and slope sediment is ponded behind it. The next complex group of thrust faults is not so well imaged and the contact between buttress and the accretionary prism is unclear.

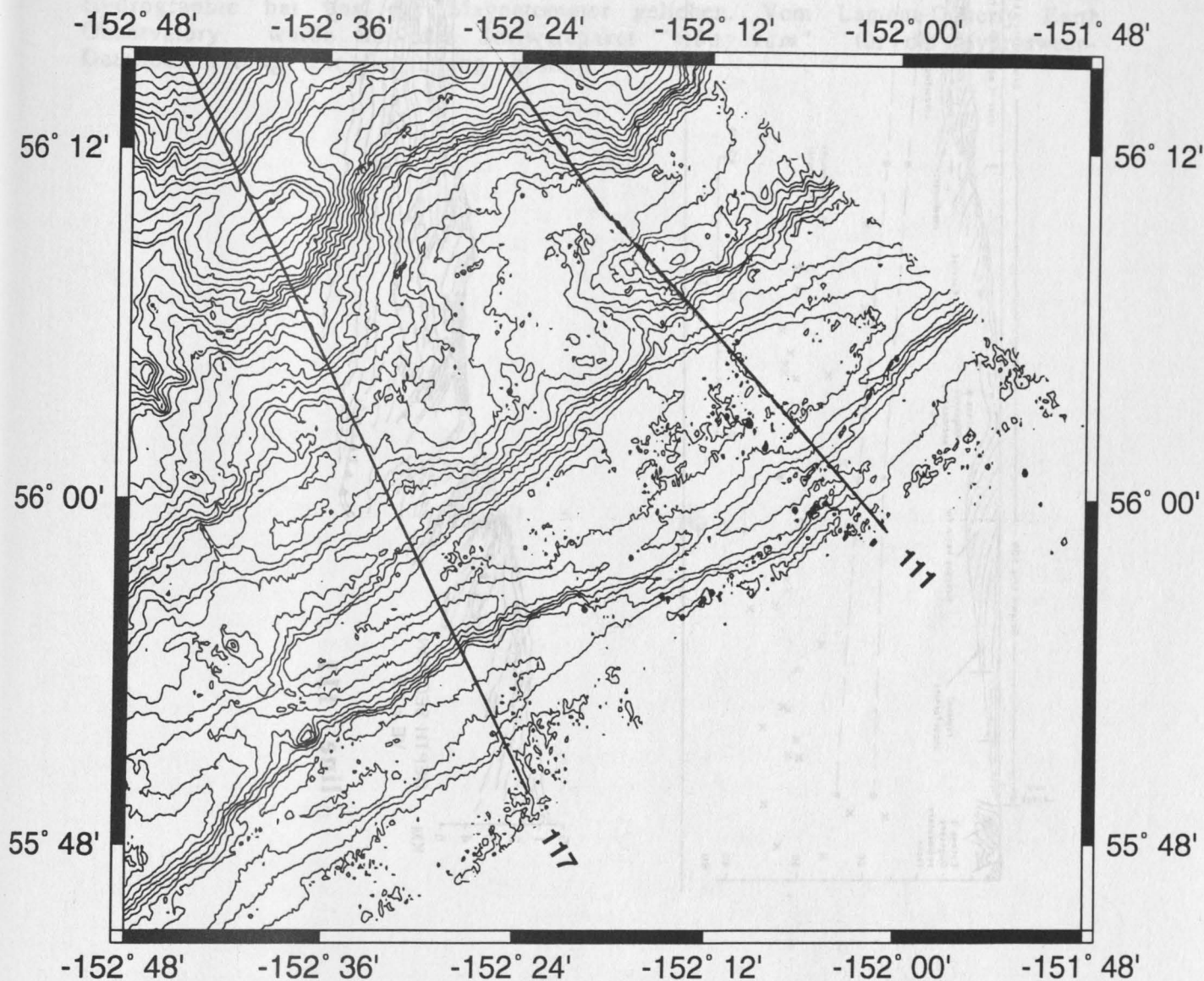


Abbildung 6.3.6. Preliminary Hydrosweep contour map of the Portlock area showing positions of seismic reflection lines 111 and 117. Contour interval 100m, raw edited data.

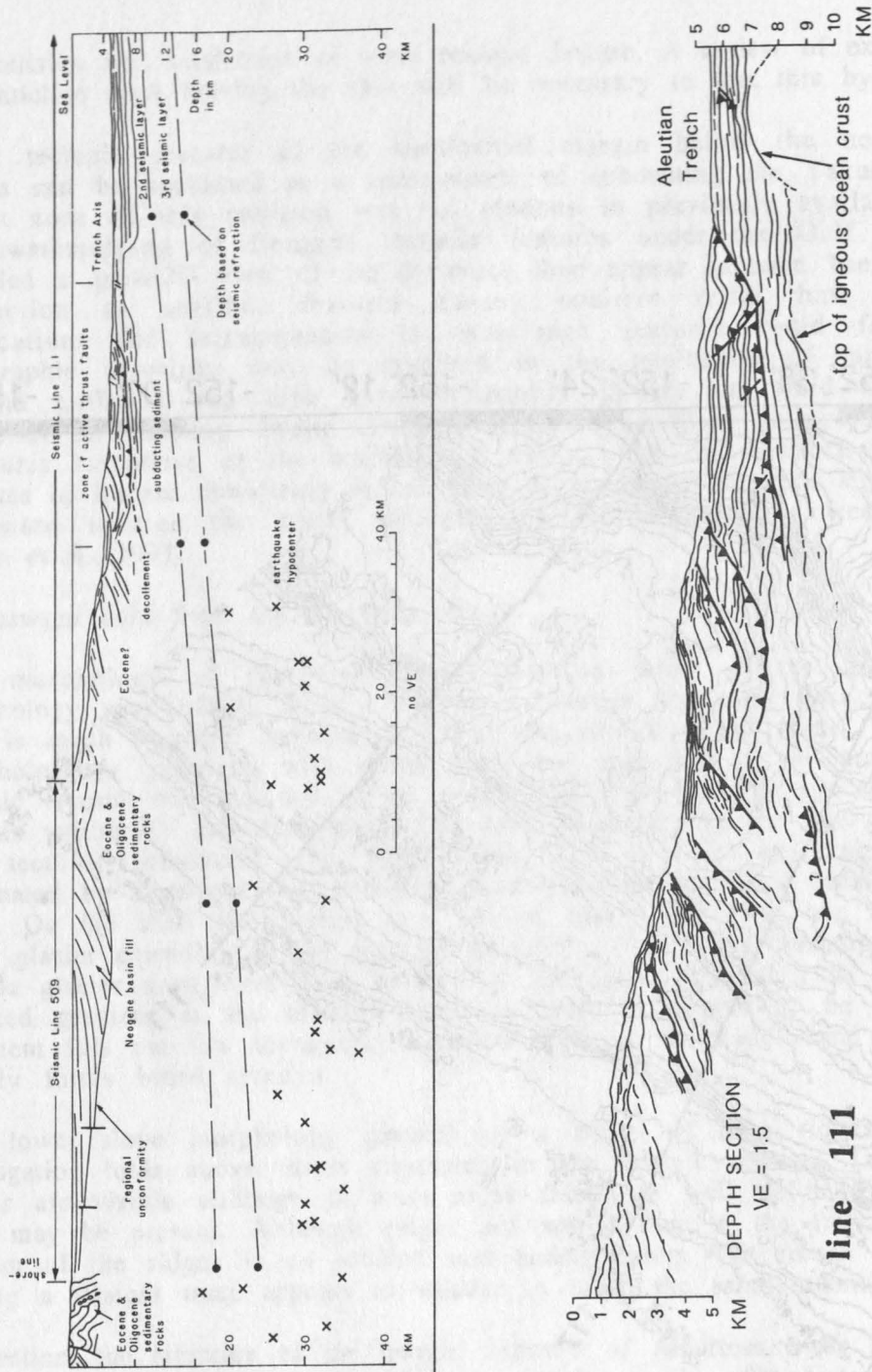


Abbildung 6.3.7 Upper: regional tectonic setting across the Albatross area from Kodiak Island to the Aleuten Trench axis. Lower: Line drawing of seismic line 111 corresponding to the continental margin in the above regional section (from von Huene, 1989).

7. DANKSAGUNG

Die Forschungsfahrt SO96 wird durch eine Zuwendung vom Bundesministerium für Forschung und Technologie finanziert (03G0096A). Unser besonderer Dank gilt Kapitän H. Bruns und seiner Besatzung, die uns während der gesamten Fahrt bei allen anfallenden Arbeiten tatkräftig und umsichtig unterstützt haben. Der Erfolg der Ausfahrt beruht ganz wesentlich auf dem Engagement der Besatzung und ließ bei einem ausgeglichenem Betriebsklima das natürliche Klima mit seinen vielen Regen- und Nebeltagen schnell verstreichen. Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie hat uns das Magnetometer geliehen. Vom Lamont-Doherty Earth Observatory wurde uns das Softwarepaket "*mbsystem*" für die Hydrosweep-Datenbearbeitung zur Verfügung gestellt.

8. Literaturverzeichnis

- Bruns, T.R., 1983, Model for the origin of the Yakutat block, an accreting terrane in the northern Gulf of Alaska: *Geology*, 11, 718-721.
- Bruns, T.R., von Huene, R., Culotta, R.C., Lewis, S.D., and Ladd, J. W. (1987). Geology and petroleum potential of the Shumagin Margin, Alaska. -In: Scholl, D.W., Grantz, A. and Vedder, J.G. (eds.), *Geology and Resource Potential of the Continental Margin of Western North America and Adjacent Ocean Basins-Beaufort Sea to Baya California*: Houston, Texas, Circum-Pacific Council for energy and Mineral Resources Earth Science Series, v. 6, 157-190.
- DeMets, C., Gordon, R.G., Argus, D.F., Stein, S., 1990, Current plate motions: *Geophys. J. Int.*, 101, 425-478.
- Flueh, E. R., Bialas, J., Ye, S., Herber, R., Bergmann, P., Schleisiek-Kern, K., and von Huene, R., 1993, A digital, high data capacity ocean bottom recorder for seismic investigations. submitted to *Geophysical Prospecting*.
- GEOSEIS Benutzer Handbuch, GECO-PRAKLA.
- Hinz, K. and scientific crew, 1992, *Geowissenschaftliche Untersuchung vor Costa Rica, Pacomar II*: Internal report, Bundesanstalt fuer Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, Archiv-Nr. 110./48, Tagebuch-Nr. 12.212/92..
- Kulm, L.D., von Huene, R., et al., 1973, Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, U.S. Government Printing Office, 1077 p.
- Moore, J.C. Diebold, J., Fisher, M.A., Sample, J., Brocher, T., Talwani, T., Ewing, J., von Huene, R., Rowe, C., Stone, D., Stevens, C., Sawyer, D., 1991, EDGE seismic reflection transect of the eastern Aleutian arc-trench layered lower crust reveals underplating and continental growth: *Geology*, v. 19, p. 420-424.
- NOS 15248-14B (1973). Seamap Series North Pacific Ocean 1:1,000,000, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Survey.
- Schwab, W. C., T. R. Bruns and R. von Huene, 1980. Magnetic map of northern Gulf of Alaska. USGS.
- Stevenson, A.J., Scholl, D.W., Vallier, T., 1987, Tectonic and geologic implications of the Zodiac fan, Aleutian abyssal plain: *Geol. Soc. Am. Bull.*, 94, 259-273.
- Tobin, H.J., Moore, J.C., MacKay, M.E., Orange, D.L., Kulm, L.D., 1993, Fluid flow along a strike-slip fault, at the toe of the Oregon accretionary prism Implications for the geometry of frontal accretion; *Geol. Soc. Am. Bull.*, 105, 569-582.
- von Huene, R., (1989). Continental margins around the Gulf of Alaska. in Winterer, E.L., Hussong, D.M., and Decker, R.W., eds, *The Eastern Pacific Ocean and Hawaii*: Boulder, Colorado, Geological Society of America, *The Geology of North America*, 383-401.
- von Huene, R., 1989, Continental margins around the Gulf of Alaska, *The Geology of North America*, Vol. N. *The Eastern Pacific Ocean and Hawaii*, The Geological Society of America
- Wessel, P., and W. H. F Smith, "Free software helps map and display data", *EOS Trans. Amer. Geophys. U.*, vol. 72, pp. 441, 445-446, 1991.
- Weinrebe, W., Junge, O., and Hoffmann. J., 1993: XSEIS-Ein X-Window-Programm zur interaktiven Interpretation tiefenseismischer Profile; Vortrag auf 53. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, 22.-27.3.1993, Kiel.
- Zelt, C. A. and Smith, R. B., 1992: Seismic traveltime inversion dor 2-D crustal velocity structure; *Geophys. J. Int.*, 108, 16-34.

- Brace, T.R., 1983. Model for the origin of the Yakutat block: an accreted terrane in the northern Gulf of Alaska. *Geology*, 11, 715-717.
- Brace, T.R., von Huene, R., Colwell, R.C., Lewis, S.L., and Ladd, J.W. (1987). *Geology and petroleum potential of the Shumagin Margin, Alaska*. In: Scholl, D.W., Gurnis, A. and Yedder, J.G. (eds.), *Geology and Resource Potential of the Continental Margin of Western North America and Adjacent Ocean Basins*. Beachfront Sea to Hays California: Houston, Texas: Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources Earth Science Series, 1, 177-190.
- Decker, C., Gordon, R.G., Argus, D.F., Stein, S., 1990. Canyon plane magnetic Geophysics. *J. Geophys. Res.*, 95, 423-432.
- Huene, R., Bialas, J., Ye, S., Harber, R., Bergmann, P., Schickel-Kerr, K., and von Huene, R., 1993. A digital, high data capacity ocean bottom recorder for seismic investigations, submitted to *Geophysical Research Letters*.
- HOESEN, Schuster Handbuch, GEO-PAKIA.
- Hirt, K. and scientific crew, 1993. *Gewinnungs- und Verarbeitungs-Untersuchung von Cores*. Rostock: Institut für Meereskunde, Sonderdruck aus *Meereskunde*, 10, 121-122.
- Robinson, H., 1987. *Archiv Nr. 10/88, Tagungsbericht Nr. 10/88*.
- Kuhn, C.D., von Huene, R., et al., 1987. *Inner Regions of the Deep Sea Benthic*. Project, U.S. Government Printing Office, 1987 p.
- Moore, J.C., Diebold, J., Fisher, M.A., Stanton, J., Brocher, T., Tatham, T., Hwang, A., von Huene, R., Rowe, C., Stone, D., Stevens, C., Sawyer, D., 1991. *EDGE seismic reflection transect of the eastern Aleutian arc-trench region: lower crustal structure and implications for the evolution of the Aleutian arc-trench system*. *U.S. Geological Survey Bulletin*, 1500, 1-100.
- Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Survey.
- Schwarz, W., C. T. R. Bruns and R. von Huene, 1980. Magnetic map of northern Gulf of Alaska. *USGS*.
- Stevenson, A.L., Scholl, D.W., Vallier, T., 1981. Tectonic and geologic implications of the Kodiak fan, Aleutian subducting plate. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 94, 259-273.
- Thorn, H.J., Moore, J.C., Mackay, M.R., Orsini, D.L., Kuhn, C.D., 1993. Fluid flow along a subduction fault, at the toe of the Oregon accretionary prism: implications for the geometry of frontal accretion. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 105, 569-582.
- von Huene, R., (1989). *Continental margins around the Gulf of Alaska in Winter*. *EL, Hsueh, D.M., and Decker, R.W., eds. The Eastern Pacific Ocean and Hawaii*. Boulder, Colorado: Geological Society of America, The Geology of North America, 383-401.
- von Huene, R., 1989. *Continental margins around the Gulf of Alaska. The Geology of North America, Vol. IV. The Eastern Pacific Ocean and Hawaii. The Geological Society of America*.
- Wessel, P., and W. H. F. Smith, 1991. *Free software helps map and display data*. *EOS Trans. Amer. Geophys. U.*, vol. 72, pp. 445-446, 1991.
- Werner, W., Lange, O., and Holbrann, J., 1993. *X2812-Ein X-Window-Programm zur interaktiven Interpretation seismischer Profile*. Vortrag auf 33. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, 22.-23.1993, Kiel.
- Zell, C. A. and Smith, R. B., 1993. Seismic tomographic inversion for 3-D crustal velocity structure. *Geophys. J. Int.*, 108, 16-34.

**RF REEDEREIGEMEINSCHAFT
FORSCHUNGSSCHIFFAHRT GmbH**

**FS "SONNE"
Kapt. H. Bruns**

Anhang zum Kapitänsbbericht SO 96/2

Am 28. Juni 1994 traten wir um 18.54 Uhr die Reise SO-96/2 in Kodiak an. Nachdem der Lotse das Schiff verlassen hatte machten wir um 19.30 Anfang der Seereise und steuerten direkt den ersten Punkt eines Hydrosweep-Profiles an. Die wissenschaftlichen Messungen nahmen wir am 29. Juni um 04.45 Uhr auf.

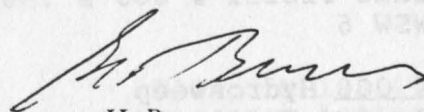
Nach ablaufen eines Hydrosweep-Profiles begannen wir am 29. Juni um 09.45 Uhr mit den ersten Seismik-Arbeiten. 3 OBS'se wurden auf einem Profil abgesetzt. Nach Schwimmtests und Ansprechversuchen gingen die OBS auf Tiefe. Ein Profil von 25 Seemeilen wurde dann mit einer Airgun abgeschossen. Die Bergung der OBS'se verlief problemlos. Nach weiteren Hydrosweep-Profilen wurde ein 2. Seismik-Profil von 26 Seemeilen am 01. Juli mit 2 Airguns abgeschossen. Das Aussetzen und Bergen der drei OBS'se auf diesem Profil machte keine Schwierigkeiten. Den ersten Explos-Einsatz der Reise fuhren wir am 2. Juli. Das vorgesehene Profil konnte ohne größere Schwierigkeiten gefahren werden.

Bei einem weiteren Explos-Einsatz, am 3. Juli, das Gerät war gerade auf 2400 m Kabellänge gefiert, mußte die Station wegen Schwierigkeiten in der Brennstoffversorgung der Diesel abgebrochen, und das Gerät wieder an Deck genommen werden. Zur Sicherstellung der Brennstoffversorgung wurde ein "black out" gefahren um ein Druckventil auszubauen. Nach 36 Minuten konnte der Betrieb wieder aufgenommen und alle Systeme wieder hochgefahren werden. Anschließend wurde das 2. Explos-Profil erfolgreich gefahren.

Im Wechsel wurden nun seismische-, Explos- und Hydrosweepprofile gefahren. Bis zum 17. Juli war das Arbeitsgebiet EDGE, östlich von der Insel Kodiak, intensiv bearbeitet. Das Schiff verholte etwas südwestlich und begann am 18. Juli das Gebiet ALBATROS, südlich der Insel Kodiak, zu bearbeiten. Hier wurden wieder Hydrosweep-Profile, Seismik-Profile und Explos-Einsätze gefahren. Wir beendeten die wissenschaftlichen Stationsarbeiten am Montag, den 25. Juli 1994 um 00.22 Uhr.Bordzeit.

Während der Reise SO-96/2 wurden auf 50 Profilen mit Hydrosweep 1850 Seemeilen zurückgelegt. Auf einem großen Teil der Profile wurde zusätzlich das Magnetometer eingesetzt. Auf 9 seismischen Profilen wurden 488 Seemeilen abgeschossen. Auf diesen seismischen Profilen wurden auf 62 Positionen OBS's ausgelegt. Alle OBS konnten wieder geborgen werden. Das Explos kam 9 mal zum Einsatz, dabei wurden ca. 34 Seemeilen mit Bodensicht abgelaufen. Bei dem Einsatz auf der Station Explos # 008 wurde ein Responder im Explos durch den Druck bei 5000 m Wassertiefe zerstört. Der Einsatz des 2. Responder am 23. Juli auf der Explos-Station # 009 führte zum gleichen Ergebnis. Zum Vergleich der Wasserschallgeschwindigkeit kam die CTD-Sonde unmittelbar nach einer Explos-Station zum Einsatz.

Auf See, 24. Juli 1994



H. Bruns
Kapitän

23.06.1994

Zeit: UTC -10h

Profil # 001 Hydrosweep

11.34 Beginn Profil # 001

52°47,5'N 163°47,9'W

15.23 Ende Profil # 001

53°32,9'N 164°00,8'W

Wind: SW 4

See: 3

Profil # 002 Hydrosweep

15.36 Beginn Profil # 002

53°33,6'N 163°57,7'W

17.33 Unterbrechen Profil # 002

53°07,3'N 163°46,2'W

Wind: SW 4

See: 3

Station # 001

18.15 Beginn Station # 001

18.20 Explos z.W.

53°06,0'N 163°57,2'W

18.38 Explos a.D. Seillängenanzeige defekt

20.00 Explos z.W.

53°06,4'N 163°57,3'W

20.35 Drahtbrüche der Außenlage bei ca. 1900 m. Kabel nicht mehr einsetzbar.

21.54 Explos a.D.

22.30 Ende Station # 001

Wind: SW 5

See: 4

22.30 Schiffsuhr 20 Min. voraus.

Fortsetzung Profil # 002

23.26 Fortsetzung Profil # 002

53°09,5'N 163°46,1'W

24.06.1994

Zeit: UTC -9h

00.00 Schiffsuhr 20 Min. voraus.

01.31 Ende Profil # 002

52°50,4'N 163°36,7'W

Wind: SW - W 6

See: 4

Profil # 003 Hydrosweep

02.04 Beginn Profil # 003

52°55,0'N 163°28,6'W

04.10 Schiffsuhr 20 Min voraus. (UTC -9h)

06.14 Ende Profil # 003

53°36,4'N 163°54,8'W

Wind: WSW 6 - 7

See: 5

Profil # 004 Hydrosweep

06.37 Beginn Profil # 004

53°37,2'N 163°51,5'W

10.06 Ende Profil # 004

53°57,8'N 163°18,1'W

Wind: WSW 7

See: 5

Station # 002

10.10 Beginn Station # 002

10.35 Releaser zum Test an W4 z.W.

52°57,1'N 163°18,2'W

13.28 Releaser a.D.

13.28 Ende Station # 002

Wind: WSW 7

See: 5

Profil # 005 Hydrosweep

13.58 Beginn Profil # 005

52°58,7'N 163°11,5'W

17.47 Ende Profil # 005

53°37,4'N 163°48,9'W

Wind: WSW 6

See: 4

Profil # 006 Hydrosweep

18.00 Beginn Profil # 006

53°38,3'N 163°47,2'W

20.12 Ende Profil # 006

53°14,5'N 163°20,5'W

Wind: WSW 4

See: 3 - 2

23.06.1994

Zeit: UTC -10h

Profil # 001 Hydrosweep

11.34 Beginn Profil # 001

52°47,5'N 163°47,9'W

15.23 Ende Profil # 001

53°32,9'N 164°00,8'W

Wind: SW 4

See: 3

Profil # 002 Hydrosweep

15.36 Beginn Profil # 002

53°33,6'N 163°57,7'W

17.33 Unterbrechen Profil # 002

53°07,3'N 163°46,2'W

Wind: SW 4

See: 3

Station # 001

18.15 Beginn Station # 001

18.20 Explos z.W.

53°06,0'N 163°57,2'W

18.38 Explos a.D. Seillängenanzeige defekt

20.00 Explos z.W.

53°06,4'N 163°57,3'W

20.35 Drahtbrüche der Außenlage bei ca. 1900 m. Kabel nicht mehr einsetzbar.

21.54 Explos a.D.

22.30 Ende Station # 001

Wind: SW 5

See: 4

22.30 Schiffsuhren 20 Min. voraus.

Fortsetzung Profil # 002

23.26 Fortsetzung Profil # 002

53°09,5'N 163°46,1'W

24.06.1994

Zeit: UTC -9h

00.00 Schiffsuhren 20 Min. voraus.

01.31 Ende Profil # 002

52°50,4'N 163°36,7'W

Wind: SW - W 6

See: 4

Profil # 003 Hydrosweep

02.04 Beginn Profil # 003

52°55,0'N 163°28,6'W

04.10 Schiffsuhren 20 Min voraus. (UTC -9h)

06.14 Ende Profil # 003

53°36,4'N 163°54,8'W

Wind: WSW 6 - 7

See: 5

Profil # 004 Hydrosweep

06.37 Beginn Profil # 004

53°37,2'N 163°51,5'W

10.06 Ende Profil # 004

53°57,8'N 163°18,1'W

Wind: WSW 7

See: 5

Station # 002

10.10 Beginn Station # 002

10.35 Releaser zum Test an W4 z.W.

52°57,1'N 163°18,2'W

13.28 Releaser a.D.

13.28 Ende Station # 002

Wind: WSW 7

See: 5

Profil # 005 Hydrosweep

13.58 Beginn Profil # 005

52°58,7'N 163°11,5'W

17.47 Ende Profil # 005

53°37,4'N 163°48,9'W

Wind: WSW 6

See: 4

Profil # 006 Hydrosweep

18.00 Beginn Profil # 006

53°38,3'N 163°47,2'W

20.12 Ende Profil # 006

53°14,5'N 163°20,5'W

Wind: WSW 4

See: 3 - 2

23.06.1994Zeit: UTC -10hProfil # 001 Hydrosweep

11.34 Beginn Profil # 001

52°47,5'N 163°47,9'W

15.23 Ende Profil # 001

53°32,9'N 164°00,8'W

Wind: SW 4

See: 3

Profil # 002 Hydrosweep

15.36 Beginn Profil # 002

53°33,6'N 163°57,7'W

17.33 Unterbrechen Profil # 002

53°07,3'N 163°46,2'W

Wind: SW 4

See: 3

Station # 001

18.15 Beginn Station # 001

18.20 Explos z.W.

53°06,0'N 163°57,2'W

18.38 Explos a.D. Seillängenanzeige defekt

20.00 Explos z.W.

53°06,4'N 163°57,3'W

20.35 Drahtbrüche der Außenlage bei ca. 1900 m. Kabel nicht mehr einsetzbar.

21.54 Explos a.D.

22.30 Ende Station # 001

Wind: SW 5

See: 4

22.30 Schiffsuhr 20 Min. voraus.

Fortsetzung Profil # 002

23.26 Fortsetzung Profil # 002

53°09,5'N 163°46,1'W

24.06.1994Zeit: UTC -9h

00.00 Schiffsuhr 20 Min. voraus.

01.31 Ende Profil # 002

52°50,4'N 163°36,7'W

Wind: SW - W 6

See: 4

Profil # 003 Hydrosweep

02.04 Beginn Profil # 003

52°55,0'N 163°28,6'W

04.10 Schiffsuhr 20 Min voraus. (UTC -9h)

06.14 Ende Profil # 003

53°36,4'N 163°54,8'W

Wind: WSW 6 - 7

See: 5

Profil # 004 Hydrosweep

06.37 Beginn Profil # 004

53°37,2'N 163°51,5'W

10.06 Ende Profil # 004

53°57,8'N 163°18,1'W

Wind: WSW 7

See: 5

Station # 002

10.10 Beginn Station # 002

10.35 Releaser zum Test an W4 z.W.

52°57,1'N 163°18,2'W

13.28 Releaser a.D.

13.28 Ende Station # 002

Wind: WSW 7

See: 5

Profil # 005 Hydrosweep

13.58 Beginn Profil # 005

52°58,7'N 163°11,5'W

17.47 Ende Profil # 005

53°37,4'N 163°48,9'W

Wind: WSW 6

See: 4

Profil # 006 Hydrosweep

18.00 Beginn Profil # 006

53°38,3'N 163°47,2'W

20.12 Ende Profil # 006

53°14,5'N 163°20,5'W

Wind: WSW 4

See: 3 - 2

25.06.1994

Zeit: UTC -9h

Profil # 007 Hydrosweep

14.30 Beginn Profil # 007

54°27,5'N 157°26,7'W

15.10 Ende Profil # 007

54°35,0'N 157°31,4'W

Wind: SSW 4

See: 3

Profil # 008 Hydrosweep

15.18 Beginn Profil # 008

54°35,5'N 157°28,6'W

18.00 Ende Profil # 008

54°05,9'N 157°05,5'W

Wind: SSW 5

See: 4

Station # 003

18.15 Beginn Station # 003

54°07,7'N 156°58,8'W

18.18 Releaser zum Test an W4 z.W.

20.33 Releaser a.D. SL max. 3500 m

20.33 Ende Station # 003

Wind: SSW 3

See: 3-2

Station # 004

20.33 Beginn Station # 004

54°07,0'N 156°59,2'W

20.58 Releaser zum Test an W4 z.W.

22.00 Schiffsführen 20 Min. voraus

23.23 Releaser a.D. SL max. 3500 m

23.23 Ende Station # 004

Wind: SSW 3

See: 2

Profil # 009 Hydrosweep

23.37 Beginn Profil # 009

54°08,3'N 156°58,3'W

26.05.1994

Zeit: UTC -9h

00.00 Schiffsführen 20 Min. voraus

02.22 Ende Profil # 009

54°35,6'N 157°24,4'W

Wind: SSW 4

See: 3

Profil # 010 Hydrosweep

02.30 Beginn Profil # 010

54°36,4'N 157°22,2'W

03.14 Ende Profil # 010

54°29,5'N 157°12,9'W

Wind: SSE 5 - 6

See: 3-4

29.06.1994Zeit: UTC - 8hProfil Hydrosweep # 011

04.45 Beginn Profil # 011

58°08,6'N 148°47,4'W

09.02 Ende Profil # 011

57°31,4'N 147°41,4'W

Wind: N 4

See: 3

OBS # 03

09.43 OBS # 03 Schwimmtest, Ansprechtest

09.55 OBS # 03 geslipt

57°33,3'N 147°52,9'W

Wind: N 3 - 4

See: 2 - 3

OBS # 02

10.37 OBS # 02 Ansprechtest

11.12 OBS # 02 geslipt

57°30,4'N 148°00,2'W

Wind: N 4

See: 3

OBS # 01

11.48 OBS # 01 Ansprechtest

12.00 OBS # 01 geslipt

57°27,5'N 148°07,4'W

Wind: N 4

See: 3

13.24 setzen Airgun aus, Bb.-Seite

13.48 Airgun z.W.

Profil Seismik # 001

14.05 Beginn Profil Seismik # 001

57°23,7'N 148°16,9'W

14.12 Schlepphydrophon z.W., Stb.-Seite

23.28 Ende Profil Seismik # 01

57°37,8'N 147°42,0'W

Wind: NW - N 3 - 4

See: 3 - 2

23.49 Aigun a.D.

30.06.1994Zeit: UTC - 8h

00.28 Ausfahreinheit ausgefahren

00.28 OBS # 03 ausgelöst

01.25 OBS # 03 gesichtet

01.44 OBS # 03 geborgen

57°33,5'N 147°52,7'W

Wind: W 2

See: 1

02.10 OBS # 02 ausgelöst

03.00 OBS # 02 gesichtet und geortet

03.30 OBS # 02 geborgen

57°30,7'N 148°00,2'W

Wind: W 2 - 3

See: 2

03.53 OBS # 01 ausgelöst

05.05 OBS # 01 gesichtet und geortet

05.16 OBS # 01 geborgen

57°27,7'N 148°07,4'W

Wind: SW 3

See: 2

05.25 Ausfahreinheit eingefahren

06.25 Magnetometer z.W.

Profil Hydrosweep # 012

06.33 Beginn Profil # 012

57°29,3'N 147°45,9'W

10.50 Ende Profil # 012

58°07,0'N 148°50,0'W

Wind: W'l 2-3

See: 2

Profil Hydrosweep # 013

11.04 Beginn Profil # 013

15.21 Ende Profil # 013

Wind: W 3

See: 2

58°05,3'N 148°52,6'W
57°27,2'N 147°51,4'WProfil Hydrosweep # 014

15.36 Beginn Profil # 014

19.51 Ende Profil # 014

Wind: W 3

See: 2

57°25,3'N 147°54,4'W
58°03,7'N 148°55,1'WProfil Hydrosweep # 015

20.13 Beginn Profil # 015

01.07.1994

00.23 Ende Profil # 015

Wind: WSW 3 - 4

See: 3

58°01,7'N 148°56,6'W
Zeit: UTC - 8h
57°23,0'N 147°59,4'WProfil Hydrosweep # 016

00.38 Beginn Profil # 016

02.24 Unterbrechn Profil # 016

Wind: WSW 4

See: 3

57°20,9'N 148°03,9'W
57°37,9'N 148°27,9'W

02.45 Magnetometer a.D.

OBS # 04

02.45 OBS # 04 z.W.

03.07 Hydrophon z.W.

03.08 OBS # 04 geslipt

03.08 Hydrophon a.D.

Wind: WSW 4

See: 3

57°38,9'N 148°24,7'W

OBS # 05

03.55 OBS # 5 z.W.

04.01 OBS # 05 geslipt

Wind: WSW 4

See: 3

57°41,5'N 148°16,8'W

OBS # 06

04.55 OBS # 06 z.W.

04.57 OBS # 06 geslipt

Wind: WSW 4

See: 3

57°45,1'N 148°01,8'W

06.00 setzen Airguns aus

07.52 beide Airguns ausgesteckt

57°50,9'N 147°52,8'W

Profil Seismik # 002

08.00 Beginn Profil # 002

08.50 Magnetometer z.W.

17.03 Magnetometer a.D.

17.30 Ende Profil # 002

Wind: SW - SE 4

See: 3

57°49,6'N 147°56,1'W

57°34,0'N 148°36,7'W

17.34 Hydrophon a.D.

17.40 Stb.-Airgun a.D.

17.50 Bb.-Airgun a.D.

Wind: SSE 5-6

See: 4

OBS # 04

18.20 OBS # 04 ausgelöst

19.05 OBS # 04 gesichtet und geortet

19.55 OBS # 04 geborgen 57°39,3'N 148°24,1'W
 Wind: SSE 5-6 See: 4

OBS # 05

20.10 OBS # 05 ausgelöst
 20.40 OBS # 05 gesichtet und geortet
 21.12 OBS # 05 geborgen 57°42,3'N 148°16,3'W
 Wind: SSE 5-6 See: 4

OBS # 06

21.15 OBS # 06 ausgelöst
 21.55 OBS # 06 erneut ausgelöst
 22.26 OBS # 06 geortet und gesichtet
 22.48 OBS # 06 geborgen 57°45,5'N 148°07,5'W
 Wind: SSE 5-6 See: 4

22.59 Magnetometer z.W.

02.07.1994 Zeit: UTC - 8h

Profil Hydrosweep # 016 (Fortsetzung)

00.10 Fortsetzung Profil # 016 57°37,5'N 148°28,8'W
 02.26 Ende Profil # 016 57°59,3'N 149°01,7'W
 Wind: SSW 3 See: 2

Profil Hydrosweep # 017

02.39 Beginn Profil # 017 57°57,9'N 149°05,2'W
 06.45 Ende Profil # 017 57°18,8'N 148°08,4'W
 Wind: SW 5 See: 4

08.30 Magnetometer a.D.

Station Explos # 02

09.15 Beginn Station Explos # 02 57°39,5'N 147°53,9'W
 09.20 Explos z. W.
 10.42 Beginn Bodensicht Profil # 02 57°38,8'N 147°53,7'W
 15.13 Ende Bodensicht Profil # 02 57°35,3'N 147°52,3'W
 16.33 Explos a.D.
 16.38 Ende Station Explos # 02
 Wind: SW 4-5 See: 3-4

17.04 Magnetometer z.W.

Profil Hydrosweep # 018

17.30 Beginn Profil # 018 57°33,5'N 147°36,9'W
 21.56 Ende Profil # 018 58°10,2'N 148°44,8'W
 Wind: W'l 5 See: 4

Profil Hydrosweep # 19

22.11 Beginn Profil # 19 58°11,5'N 148°41,6'W

03.07.1994 Zeit: UTC - 8h

02.35 Ende Profil # 19 57°36,3'N 147°33,8'W
 Wind: W 4-5 See: 4

04.12 Magnetometer a.D.

Station Explos # 03

04.12 Beginn Station Explos # 03 57°35,3'N 148°04,7'W
 04.22 Explos z.W.
 04.31 Ausfahreinheit ausgefahren.
 04.49 Brechen Station ab. Brennstoffprobleme. SL 2400 m
 05.37 Explos a.D.
 05.45 Ausfahreinheit eingefahren.
 05.45 Stand by
 08.24 - 09.00 "black out"
 09.33 Fortsetzung Station Explos # 03
 09.41 Explos z.W.
 09.47 Ausfahreinheit ausgefahren.
 10.59 Beginn Bodensicht 57°34,1'N 148°04,3'W
 14.46 Ende Bodensicht, SL max. 4781 m 57°31,4'N 148°03,2'W
 14.46 hieven
 15.50 Ausfahreinheit eingefahren.
 15.56 Explos a.D.
 15.56 Ende Station Explos # 03
 Wind: NW 5 - WSW 4-5 See: 4

OBS # 07

17.00 OBS # 07 z.W.
 17.04 OBS # 07 geslipt 57°38,0 N 147°48,5'W
 Wind: SW 5 See: 4

OBS # 08

18.06 OBS #08 z.W.
 18.10 OBS # 08 geslipt 57°30,8'N 148°00,7'W
 Wind: SW 5 See: 4

OBS # 09

19.11 OBS # 09 z.W.
 19.14 OBS # 09 geslipt 57°23,5'N 148°13,0'W
 Wind: SW 5 See: 4

19.52 Stb.- Airgun z.W.
 20.16 Bb.- Airgun z.W.
 20.38 Hydrophon z.W.

Profil Seismik # 003

20.40 Beginn Profil # 003 57°22,7'N 148°14,3'W
 20.46 Magnetometer z.W.
 21.45 Magnetometer a.D.

04.07.1994 Zeit: UTC - 8h

03.20 Hydrophon a.D.
 05.30 Ende Profil # 003 57°40,1'N 147°45,3'W
 Wind: SW 3 - SE 3-5 See: 2-4

05.44 Bb.- Airgun a.D.
 05.50 Stb.- Airgun a.D.

OBS # 07

05.35 OBS # 07 ausgelöst.
 06.29 OBS # 07 geortet
 06.42 OBS # 07 gesichtet
 06.50 OBS # 07 geborgen 57°31,2'N 147°48,7'W
 Wind: SSE 6 See: 4-5

OBS # 08

07.39 OBS # 08 ausgelöst
08.25 OBS # 08 geortet
08.26 OBS # 08 gesichtet
08.41 OBS # 08 geborgen
Wind: SW 5
See: 4 57°31,2'N 148°00,7'W

OBS # 09

09.25 OBS # 09 ausgelöst
10.45 OBS # 09 gesichtet
10.58 OBS # 09 geborgen
Wind: SW 5
See: 4 57°23,7'N 148°13,1'W

OBS # 10

12.04 OBS # 10 z.W.
12.08 OBS # 10 geslipt
Wind: SW 5
See: 4 57°25,7'N 147°53,5'W

OBS # 11

12.53 OBS # 11 z.W.
13.00 OBS # 11 geslipt
Wind: SW 5
See: 4 57°30,8'N 148°00,7'W

OBS # 12

13.20 OBS # 12 z.W.
13.24 OBS # 12 geslipt
Wind: SW 5
See: 4 57°31,8'N 148°02,2'W

OBS # 13

14.00 OBS # 13 z.W.
14.01 OBS # 13 geslipt
Wind: SW 5
See: 4 57°34,4'N 148°05,9'W

OBS # 14

14.23 OBS # 14 z.W.
14.24 OBS # 14 geslipt
Wind: SW 5
See: 4 57°35,8'N 148°07,9'W

OBS # 15

14.45 OBS #15z.W.
14.49 OBS # 15 geslipt
Wind: SW 5
See: 4 57°36,8 N 148°09,1 W

OBS # 16

15.19 OBS # 16 z.W.
15.23 OBS # 16 geslipt
Wind: SW 5
See: 4 57°38,7'N 148°11,9'W

OBS # 17

15.50 OBS # 17 z.W.
15.51 OBS # 17 geslipt
Wind: SW 5
See: 4 57°40,4'N 148°14,3'W

OBS # 18

16.15 OBS # 18 z.W.
16.18 OBS # 18 geslipt
Wind: SW 5
See: 4 57°42,1'N 148°16,6'W

OBS # 19

16.42 OBS # 19 z.W.

16.44 OBS # 19 geslipt

57°43,4'N 148°18,2'W

Wind: SW 5

See: 4

18.29 setzen Airguns aus

18.57 Airguns z.W.

Profil Seismik # 004

18.59 Beginn Profil # 004

57°57,3'N 148°38,2'W

05.07.1994Zeit: UTC - 8h

07.28 hieven Stb.-Airgun ein

07.38 Stb.-Airgun a.D.

12.04 Stb.-Airgun z.W.

15.42 Ende Profil # 004

57°14,7'N 147°38,0'W

Wind: WSW - W 6 in Böen 8

See: 5

16.01 Stb.-Airgun a.D.

16.12 Bb.-Airgun a.D.

OBS # 10

17.07 OBS # 10 ausgelöst

18.00 OBS # 10 geortet und gesichtet

18.11 OBS # 10 geborgen

57°25,8'N 147°53,7'W

Wind: WSW 5

See: 4

OBS # 11

18.45 OBS # 11 ausgelöst

19.35 OBS # 11 geortet und gesichtet

19.48 OBS # 11 geborgen

57°31,1'N 148°00,7'W

Wind: WSW 5

See: 4

OBS # 12

19.50 OBS # 12 ausgelöst

21.01 OBS # 12 geortet und gesichtet

21.11 OBS # 12 geborgen

57°32,0'N 148°02,3'W

Wind: WSW 5

See: 4

OBS # 13

21.13 OBS # 13 ausgelöst

22.00 OBS # 13 geortet und gesichtet

22.12 OBS # 13 geborgen

57°34,4'N 148°06,0'W

Wind: WSW 5

See: 4

OBS # 14

22.12 OBS # 14 ausgelöst

22.53 OBS # 14 gesichtet, Sender defekt

23.00 OBS # 14 geborgen

57°35,8'N 148°07,8'W

Wind: WSW 5

See: 4

OBS # 15

23.00 OBS # 15 ausgelöst

23.41 OBS # 15 gesichtet, Sender defekt

23.49 OBS # 15 geborgen

57°36,7'N 148°09,2'W

Wind: WSW 4

See: 3

OBS # 16

23.50 OBS # 16 ausgelöst

06.07.1994

Zeit: UTC - 8h

00.45 OBS # 16 gesichtet und geortet
01.01 OBS # 16 geborgen 57°38,7'N 148°11,8'W
Wind: SW 4 See: 3

OBS # 17

01.01 OBS # 17 ausgelöst
01.31 OBS # 17 gesichtet
01.39 OBS # 17 geborgen 57°40,5'N 148°14,1'W
Wind: SW 4 See: 3

OBS # 18

01.40 OBS # 18 ausgelöst
02.20 OBS # 18 gesichtet
02.27 OBS # 18 geborgen 57°42,0'N 148°16,3'W
Wind: SW 4 See: 3

OBS # 19

02.35 OBS # 19 ausgelöst
03.07 OBS # 19 gesichtet
03.15 OBS # 19 geborgen 57°43,6'N 148°18,0'W
Wind: SW 4 See: 3

Station Explos # 04

04.06 Beginn Station Explos # 04 57°41,6'N 148°12,4'W
04.10 Explos z.W.
04.15 Ausfahreinheit ausgefahren
05.14 Beg. Bosi, SL 2815 m, Wt 2789 m 57°41,3'N 148°10,9'W
10.46 Ende Bosi, SL 3541 m, Wt 3549 m 57°39,7'N 148°04,7'W
11.55 Explos a.D.
12.02 Ausfahreinheit eingefahren
12.02 Ende Station # 04
Wind: SW 2 - N'l 2 See: 1, Dünung

OBS # 20

14.04 OBS # 20 z.W., Wt 1358 m
14.08 OBS # 20 geslipt 57°59,8'N 148°17,0'W
Wind: WNW 3 See: 2

OBS # 21

14.45 OBS # 21 z.W., Wt 1567 m
14.47 OBS # 21 geslipt 57°56,5'N 148°25,3'W
Wind: WNW 3 See: 2

OBS # 22

15.21 OBS # 22 z.W., Wt 1756
15.23 OBS # 22 geslipt 57°53,2'N 148°32,6'W
Wind: WNW 4 See: 2-3

OBS # 23

15.59 OBS # 23 z.W., Wt 1812 m
16.05 OBS # 23 geslipt 57°50,0'N 148°40,6'W
Wind: WNW 4 See: 3

OBS # 24

16.32 OBS # 24 z.W., Wt 1809 m
16.33 OBS # 24 geslipt 57°48,2'N 148°44,6'W
Wind: NW 5 See: 3-4

OBS # 25

17.00 OBS # 25 z.W., Wt 2024 m

17.03 OBS # 25 geslipt

57°46,5'N 148°48,7'W

Wind: NW 5

See: 4

18.00 setzen Airguns aus

Profil Seismik # 005

19.04 Beginn Profil # 005

57°41,9'N 148°59,5'W

07.07.1994Zeit: UTC - 8h

08.49 Ende Profil # 005

58°05,1'N 148°04,4'W

Wind: NW 5 - W 5

See: 4

09.01 Bb.-Airgun a.D.

09.10 Stb.-Airgun a.D.

OBS # 20

09.49 OBS # 20 ausgelöst

10.02 OBS # 20 geortet

10.06 OBS # 20 gesichtet

10.19 OBS # 20 geborgen

57°59,7'N 148°16,9'W

Wind: W 4

See: 3

OBS # 21

10.40 OBS # 21 ausgelöst

10.58 OBS # 21 geortet und gesichtet

11.05 OBS # 21 geborgen

57°56,6'N 148°25,6'W

Wind: W 4

See: 3

OBS # 22

11.24 OBS # 22 ausgelöst

11.42 OBS # 22 geortet und gesichtet

11.48 OBS # 22 geborgen

57°53,2'N 148°32,8'W

Wind: WSW 4

See: 3

OBS # 23

12.10 OBS # 23 ausgelöst

12.29 OBS # 23 geortet und gesichtet

12.35 OBS # 23 geborgen

57°50,0'N 148°40,7'W

Wind: SW 4

See: 3

OBS # 24

12.36 OBS # 24 ausgelöst

13.05 OBS # 24 geortet und gesichtet

13.15 OBS # 24 geborgen

57°48,2'N 148°44,6'W

Wind: SW 4

See: 3

OBS # 25

13.20 OBS # 25 ausgelöst

13.45 OBS # 25 geortet und gesichtet

14.06 OBS # 25 geborgen

57°46,6'N 148°48,4'W

Wind: SW 4

See: 3

14.20 Magnetometer z.W.

16.34 Magnetometer a.D.

Station Explos # 05

16.38 Beginn Station # 05 57°42,4'N 147°57,7'W

16.42 Ausfahreinheit ausgefahren

18.41 Explos z.W. 57°42,4'N 147°57,5'W

19.52 Beg. Bosi, Sl 3602 m, Wt 3542 m 57°41,9'N 147°56,7'W

08.07.1994 Zeit: UTC - 8h

00.56 Ende Bosi, Sl 3844 m, Wt 3777 m 57°39,8'N 147°51,6'W

01.46 Ausfahreinheit eingefahren

01.59 Explos a.D.

02.00 Ende Station # 05

Wind: WSW 5 See: 4

02.28 Magnetometer z.W.

Profil Hydrosweep # 020

03.12 Beginn Profil # 020 57°38,4'N 147°28,0'W

07.43 Ende Profil # 020 58°14,6'N 148°42,5'W

Wind: WSW 6 See: 5

Profil Hydrosweep # 021

07.51 Beginn Profil # 021 58°16,0'N 148°41,0'W

12.04 Ende Profil # 021 57°40,9'N 147°22,5'W

Wind: WSW 6 See: 5

Profil Hydrosweep # 022

12.20 Beginn Profil # 022 57°43,4'N 147°17,0'W

17.00 Ende Profil # 022 58°16,7'N 148°39,1'W

Wind: WSW 6-5 See: 4

Profil Hydrosweep # 023

17.05 Beginn Profil # 023 58°17,7'N 148°39,0'W

21.37 Ende Profil # 023 57°46,4'N 147°11,5'W

Wind: WSW 5 See: 4

Profil Hydrosweep # 024

21.57 Beginn Profil # 024 57°49,1'N 147°07,1'W

09.07.1994 Zeit: UTC - 8h

02.40 Ende Profil # 024 58°19,1'N 148°37,3'W

Wind: SSW 4 See: 3

03.57 Magnetometer a.D.

OBS # 26

04.06 OBS # 26 z.W., Wt 128 m

04.08 OBS # 26 geslipt 58°12,2'N 148°59,5'W

Wind: SSW 4 See: 3

OBS # 27

04.31 OBS # 27 z.W., Wt 126 m

04.34 OBS # 27 geslipt 58°09,9'N 148°56,3'W

Wind: SSW 4 See: 3

OBS # 28

04.51 OBS # 28 z.W., Wt 142 m

04.52 OBS # 28 geslipt 58°07,2'N 148°52,7'W

Wind: SSW 4 See: 3

OBS # 29

05.36 OBS # 29 z.W., Wt 678 m

05.37 OBS # 29 geslipt

58°02,1'N 148°45,2'W

Wind: SSW 4

See: 3

OBS # 30

06.13 OBS # 30 z.W., Wt 864 m

06.14 OBS # 30 geslipt

57°58,4'N 148°39,8'W

Wind: SSW 4-5

See: 3

OBS # 31

06.40 OBS # 31 z.W., Wt 1197 m

06.42 OBS # 31 geslipt

57°55,9'N 148°36,5'W

Wind: SW 5

See: 3-4

OBS # 32

07.10 OBS # 32 z.W., Wt 1739 m

07.11 OBS # 32 geslipt

57°53,2'N 148°32,7'W

Wind: SW 5

See: 3-4

OBS # 33

07.37 OBS # 33 z.W., Wt 2253

07.40 OBS # 33 geslipt

57°50,3'N 148°28,2'W

Wind: SW 4

See: 3

OBS # 34

08.00 OBS # 34 z.W., Wt 2476 m

08.02 OBS geslipt

57°48,0'N 148°25,0'W

Wind: SSW 4

See: 3

OBS # 35

08.27 OBS # 35 z.W., Wt 2564 m

08.29 OBS geslipt

57°45,6'N 148°21,7'W

Wind: SSW 3

See: 2

10.51 setzen Airguns aus

10.56 Stb.-Airgun z.W.

11.11 Bb.-Airgun z.W.

Profil Seismik # 006

11.18 Beginn Profil # 006

57°26,1'N 147° 53,8'W

Stb.-Airgun a.D.

Stb.-Airgun z.W.

10.07.1994Zeit: UTC - 8h

09.59 Beginn Schleife

11.00 Ende Schleife

14.01 Ende Profil # 006

Wind: SE - E 5

See: 4

OBS # 26

15.19 OBS # 26 ausgelöst

15.20 OBS # 26 geortet

15.23 OBS # 26 gesichtet

15.33 OBS # 26 geborgen

58°12,2'N 148°59,5'W

OBS # 27

15.56 OBS # 27 ausgelöst

15.58 OBS # 27 gesichtet

STATIONSPROTOKOLL F.S. "SONNE" SO-96/2

16.05 OBS # 27 geborgen 58°09.9'N 148°56,1'W
Wind: ESE 5 See: 4

OBS # 28

16.27 OBS # 28 ausgelöst
16.29 OBS # 28 gesichtet
16.35 OBS # 28 geborgen 58°07,3'N 148°52,6'W
Wind: ESE 5 See: 4

OBS # 29

17.10 OBS # 29 ausgelöst
17.18 OBS # 29 gesichtet
17.25 OBS # 29 geborgen 58°02,2'N 148°45,5'W
Wind: ESE 5 See: 4

OBS # 30

17.49 OBS # 30 ausgelöst
18.05 OBS # 30 gesichtet
18.14 OBS # 30 geborgen 57°58,4'N 148°40,0'W
Wind: ESE 5 See: 4

OBS # 31

18.15 OBS # 31 ausgelöst
18.48 OBS # 31 gesichtet
19.02 OBS # 31 geborgen 57°56,1'N 148°36,9'W
Wind: ESE 5 See: 4

OBS # 32

19.04 OBS # 32 ausgelöst
19.32 OBS # 32 erneut ausgelöst
19.52 OBS # 32 geortet und gesichtet
20.05 OBS # 32 geborgen 57°53,5'N 148°32,9'W
Wind: ESE 5 See: 4

OBS # 33

20.06 OBS # 33 ausgelöst
20.46 OBS # 33 gesichtet
20.53 OBS # 33 geborgen 57°50,6'N 148°28,0'W
Wind: ESE 5 See: 4

OBS # 34

20.53 OBS # 34 ausgelöst
21.21 OBS # 34 gesichtet
21.29 OBS # 34 geborgen 57°48.3'N 148°24,9'W
Wind: ESE 5 See: 4

OBS # 35

21.29 OBS # 35 ausgelöst
21.59 OBS # 35 gesichtet
22.05 OBS # 35 geborgen 57°45,9'N 148°21,6'W
Wind: ESE 5 See: 4

Station Explos # 06

22.36 Beginn Station # 06
22.40 Explos z.W. 57°43,7'N 148°26,0'W
22.52 Ausfahreinheit ausgefahren
23.31 Beg. Bosi, Sl 2685 m, Wt 2615 m 57°43,0'N 148°26,1'W

11.07.1994

Zeit: UTC - 8h

04.51 Ende Bosi, Sl 3356 m, Wt 3303 m 57°39,3'N 148°25,7'W
 05.36 Ausfahreinheit eingefahren
 06.03 Explos a.D. Sl max. 3372 m 57°39,1'N 148°25,6'W
 06.05 Ende Station # 06
 Wind: ESE 6-5 See: 4, Dünung aus Süd

Station CTD # 01

08.18 Beginn Station # 01
 08.20 CTD z.W.
 09.59 CTD Sl max. 4472 m, Wt 4377 m 57°44,6'N 147°41,3'W
 11.30 CTD a.D. Ende Station
 Wind: ESE 4 See: 3, südl. Dünung

Station Explos # 07

12.00 Beginn Station # 07 57°44,4'N 147°41,8'W
 12.03 Explos z.W.
 12.15 Ausfahreinheit ausgefahren
 13.22 Beg. Bosi, Sl 4474 m, Wt 4343 m 57°44,3'N 147°40,7'W
 19.22 Ende Bosi, Sl 4840 m, Wt 4922 m 57°43,0'N 147°35,0'W
 19.49 Ausfahreinheit eingefahren
 20.47 Explos a.D.
 20.50 Ende Station # 07 57°42,8'N 147°34,1'W
 Wind: ESE 5-4 See: 4-3

21.18 Magnetometer z.W.

Profil Hydrosweep # 025

23.38 Beginn Profil # 025 57°17,0'N 148°37,0'W
12.07.1994 Zeit: UTC - 8h
 03.23 Ende Profil # 025 57°55,2'N 149°08,6'W
 Wind: E'l 4-5 See: 3-4

Profil Hydrosweep # 026

03.36 Beginn Profil # 026 57°53,8'N 149°12,1'W
 08.02 Ende Profil # 026 57°14,8'N 148°17,5'W
 Wind: E'l 4-5 See: 3-4

Profil Hydrosweep # 027

12.38 Beginn Profil # 027 57°51,2'N 147°01,6'W
 17.15 Ende Profil # 027 58°20,9'N 188°35,8'W
 Wind: E'l 4 See: 3

Profil Hydrosweep # 028

17.19 Beginn Profil # 028 58°21,5'N 148°35,8'W
 22.20 Ende Profil # 028 57°54,2'N 146°55,5'W
 Wind: E'l 4 See: 3

Profil Hydrosweep # 029

22.41 Beginn Profil # 029 57°57,5'N 146°52,0'W
13.07.1994 Zeit: UTC - 8h
 03.24 Ende Profil # 029 58°22,3'N 148°33,1'W
 Wind: S'l 4 See: 3

Profil Hydrosweep # 030

03.29 Beginn Profil # 030 58°23,2'N 148°33,0'W
 08.21 Ende Profil # 030 58°01,0'N 146°48,7'W
 Wind: E'l 4 See: 3

Profil Hydrosweep # 031

08.41 Beginn Profil # 031 58°04,3'N 146°45,1'W
 13.32 Ende Profil # 031 58°24,7'N 148°30,3'W
 Wind: E'l 4 See: 3

Profil Hydrosweep # 032

13.40 Beginn Profil # 032 58°25,9'N 148°30,3'W
 18.24 Ende Profil # 032 58°07,8'N 146°41,4'W
 Wind: ESE 4 - SE 2 See: 3-2

Profil Hydrosweep # 033

18.42 Beginn Profil # 033 58°10,9'N 146°38,6'W
 23.40 Ende Profil # 033 58°27,9'N 148°30,1'W
 Wind: SE 2 - var. 1 See: 2-0

Profil Hydrosweep # 034

23.49 Beginn Profil # 034 58°29,1'N 148°30,3'W
14.07.1994 Zeit: UTC - 8h
 04.32 Ende Profil # 034 58°14,9'N 146°34,9'W
 Wind: SE 2-3 See: 1-2

Profil Hydrosweep # 035

04.49 Beginn Profil # 035 58°18,1'N 146°32,4'W
 09.42 Ende Profil # 035 58°30,5'N 148°30,3'W
 Wind: E'l 3 See: 2

Profil Hydrosweep # 036

09.48 Beginn Profil # 036 58°31,7'N 148°29,5'W
 14.00 Ende Profil # 036 58°23,2'N 146°45,5'W
 Wind: SE 1-2 See: 1

Profil Hydrosweep # 037

14.15 Beginn Profil # 037 58°25,8'N 146°44,3'W
 18.45 Ende Profil # 037 58°33,1'N 148°29,0'W
 Wind: SE 1 See: 1

21.50 Magnetometer a.D.

OBS # 36

22.06 OBS # 36 z.W., Wt 130 m
 22.08 OBS # 36 geslipt 58°35,7'N 149°44,2'W
 Wind: var. 1-2 See: 1

OBS # 37

22.57 OBS # 37 z.W., Wt 128 m
 23.00 OBS # 37 geslipt 58°38,3'N 149°59,9'W
 Wind: var. 1-2 See: 1

OBS # 38

23.48 OBS # 38 z.W., Wt 131 m
 23.51 OBS # 38 geslipt 58°40,9'N 150°15,3'W
 Wind: var. 1-2 See: 1

15.07.1994

Zeit: UTC - 8h

OBS # 39

00.39 OBS # 39 z.W., Wt 208 m

00.40 OBS # 39 geslipt

Wind: SE 1-2

See: 1

58°43,5'N 150°30,1'W

OBS # 40

01.16 OBS # 40 z.W., Wt 190 m

01.17 OBS # 40 geslipt

Wind: SE 1-2

See: 1

58°45,0'N 150°40,0'W

OBS # 41

02.07 OBS # 41 z.W., Wt 166m

02.08 OBS # 41 geslipt

Wind: SE 1-2

See: 1

58°47,6'N 150°55,1'W

OBS # 42

02.44 OBS # 42 z.W., Wt 133 m

02.45 OBS # 42 geslipt

Wind: SE 1-2

See: 1

58°48,4'N 151°05,2'W

OBS # 43

03.14 OBS # 43 z.W., Wt 144 m

03.15 OBS # 43 geslipt

Wind: SE 2

See: 1

58°51,8'N 151°12,6'W

OBS # 44

03.42 OBS # 44 z.W., Wt 135 m

03.43 OBS # 44 geslipt

Wind: EzS 3

See: 2

58°51,8'N 151°20,1'W

OBS # 45

04.22 OBS # 45 z.W., Wt 124 m

04.24 OBS # 45 geslipt

Wind: EzS 3

See: 2

58°53,5'N 151°30,0'W

OBS # 46

05.02 OBS # 46 z.W., Wt 114 m

05.03 OBS # 46 geslipt

Wind: EzS 3

See: 2

58°55,3'N 151°41,0'W

12.03 setzen Airguns aus

12.42 beide Airguns z.W.

Profil Seismik # 007

12.43 Beginn Profil # 007

59°15,7'N 153°43,1'W

16.07.1994

Zeit: UTC - 8h

11.18 Bb.-Airgun a.d.

17.07.1994

Zeit: UTC - 8h

00.05 Stb.-Airgun Ausfall

00.20 brechen Profil # 007 ab

Wind: EzN 6

See: 5

58°42,9'N 150°27,3'W

00.32 Stb.-Airgun a.D.

OBS # 38

01.16 OBS # 31 ausgelöst
 01.18 OBS # 38 gesichtet
 01.27 OBS # 38 geborgen
 Wind: E'l 6

See: 5 58°41,0'N 150°15,3'W
 Dünung

OBS # 37

02.17 OBS # 37 ausgelöst
 02.22 OBS # 37 gesichtet
 02.28 OBS # 37 geborgen
 Wind: E'l 6

See: 5 58°38,2'N 149°59,9'W
 Dünung

OBS # 36

03.18 OBS # 36 ausgelöst
 03.19 OBS # 36 gesichtet
 03.27 OBS # 36 geborgen
 Wind: E'l 6

See: 5 58°35,6'N 149°44,2'W
 Dünung

OBS # 39

05.42 OBS # 39 ausgelöst
 05.44 OBS # 39 gesichtet, Sende defekt.
 05.58 OBS # 39 geborgen
 Wind: E'l 6

See: 5 58°43,4'N 150°30,4'W
 Dünung

OBS # 40

06.29 OBS # 40 ausgelöst
 06.31 OBS # 40 gesichtet und geortet
 06.44 OBS # 40 geborgen
 Wind: E'l 6

See: 5 58°44,3'N 150°40,4'W
 Dünung

OBS # 41

07.26 OBS # 41 ausgelöst
 07.28 OBS # 41 gesichtet und geortet
 07.42 OBS # 41 geborgen
 Wind: E'l 6

See: 5 58°47,7'N 150°55,7'W
 Dünung

OBS # 42

08.12 OBS # 42 ausgelöst
 08.15 OBS # 42 gesichtet und geortet
 08.26 OBS # 42 geborgen
 Wind: E'l 6

See: 5 58°49,4'N 151°05,5'W
 Dünung

OBS # 43

08.49 OBS # 43 ausgelöst
 08.52 OBS # 43 gesichtet
 09.04 OBS # 43 geborgen
 Wind: E'l 6

See: 5 58°50,5'N 151°13,0'W
 Dünung

OBS # 44

09.27 OBS # 44 ausgelöst
 09.30 OBS # 44 gesichtet
 09.43 OBS # 44 geborgen
 Wind: E'l 6

See: 5 58°51,8'N 151°20,5'W
 Dünung

OBS # 45

10.17 OBS # 45 ausgelöst
 10.18 OBS # 45 gesichtet
 10.35 OBS # 45 geborgen

58°53,4'N 151°30,9'W

Wind: E'l 6

See: 5 Dünung

OBS # 46

11.07 OBS # 46 ausgelöst

11.08 OBS # 46 gesichtet

11.18 OBS # 46 geborgen

58°55,3'N 151°41,6'W

Wind: E'l 6

See: 5 Dünung

18.07.1994Zeit: UTC - 8h

00.10 Magnetometer z.W.

Profil Hydrosweep # 038

03.39 Beginn Profil # 038

56°13,8'N 152°41,4'W

06.05 Ende Profil # 038

55°47,3'N 152°24,5'W

Wind: SSW 4

See: 3 Dünung

Profil Hydrosweep # 039

06.31 Beginn Profil # 039

55°49,8'N 152°17,0'W

08.50 Ende Profil # 039

56°14,8'N 152°39,5'W

Wind: SSE 4

See: 3 Dünung

09.06 Magnetometer a.D.

OBS # 47

09.26 OBS # 47 z.W., Wt 404 m

09.27 OBS # 47 geslipt

56°16,9'N 152°46,7'W

Wind: S'l 3-4

See: 3 Dünung

OBS # 48

09.48 OBS # 48 z.W., Wt 842 m

09.50 OBS # 48 geslipt

56°15,2'N 152°45,1'W

Wind: S'l 3-4

See: 3 Dünung

OBS # 49

10.12 OBS # 49 z.W., Wt 1481 m

10.15 OBS # 49 geslipt

56°14,5'N 152°43,4'W

Wind: S'l 3-4

See: 3 Dünung

OBS # 50

10.34 OBS # 50 z.W., Wt 1840 m

10.48 OBS # 50 a.D.

11.01 OBS # 50 z.W., Wt 1839 m

11.03 OBS # 50 geslipt

56°11,7'N 152°42,9'W

Wind: S'l 3-4

See: 3 Dünung

OBS # 51

11.28 OBS # 51 z.W., Wt 2150 m

11.29 OBS # 51 geslipt

56°10,0'N 152°40,1'W

Wind: S'l 3-4

See: 3 Dünung

OBS # 52

11.54 OBS # 52 z.W., Wt 2427 m

11.55 OBS # 52 geslipt

56°07,8'N 152°38,1'W

Wind: S'l 3-4

See: 3 Dünung

OBS # 53

12.17 OBS # 53 z.W., Wt 3191 m

12.18 OBS # 53 geslipt 56°05,6'N 152°36,0'W
 Wind: S'l 3-4 See: 3 Dünung

OBS # 54

12.41 OBS # 54 z.W., Wt 3808 m
 12.42 OBS # 54 geslipt 56°03,6'N 152°34,1'W
 Wind: S'l 3-4 See: 3 Dünung

OBS # 55

13.32 OBS # 55 z.W., Wt 4889 m
 13.33 OBS # 55 geslipt 55°57,2'N 152°28,1'W
 Wind: S'l 3-4 See: 3 Dünung

OBS # 56

14.22 OBS # 56 z.W., Wt 5413 m
 14.23 OBS # 56 geslipt 55°50,6'N 152°21,9'W
 Wind: S'l 3-4 See: 3 Dünung

16.10 setzen Airguns aus

16.21 Stb.-Airgun z.W.

16.33 Bb.-Airgun z.W.

Profil Seismik # 008

16.36 Beginn Profil # 008 55°34,8'N 152°06,2'W
19.07.1994 Zeit: UTC - 8h

06.08 holen Stb.-Airgun ein, defekt

06.18 Stb.-Airgun a.D.

20.50 Ende Profil # 008 56°41,0'N 153°09,5'W
 Wind: W'l 3 See: 2

21.08 Bb.-Airgun a.D.

OBS # 47

23.27 OBS # 47 ausgelöst
 23.31 OBS # 47 gesichtet
 23.40 OBS # 47 geborgen 56°16,9'N 152°47,2'W
 Wind: SW'l 2-3 See: 2

OBS # 48

23.45 OBS # 48 ausgelöst
 23.54 OBS # 48 gesichtet
20.07.1994 Zeit: UTC - 8h
 00.05 OBS # 48 geborgen 56°15,1'N 152°45,3'W
 Wind: SW'l 2-3 See: 2

OBS # 49

00.11 OBS # 49 ausgelöst
 00.24 OBS # 49 gesichtet
 00.31 OBS # 49 geborgen 56°13,4'N 152°43,8'W
 Wind: SW'l 2-3 See: 2

OBS # 50

00.35 OBS # 50 ausgelöst
 00.54 OBS # 50 gesichtet
 01.01 OBS # 50 geborgen 56°11,6'N 152°42,5'W
 Wind: SW'l 2-3 See: 2

OBS # 51

01.04 OBS # 51 ausgelöst

01.29 OBS # 51 gesichtet

01.38 OBS # 51 geborgen

Wind: SW'l 2-3

See: 2

56°09,9'N 152°40,9'W

OBS # 52

01.41 OBS # 52 ausgelöst

02.09 OBS # 52 gesichtet

02.13 OBS # 52 geborgen

Wind: SW'l 2-3

See: 2

56°07,6'N 152°38,9'W

OBS # 53

02.17 OBS # 53 ausgelöst

02.57 OBS # 53 gesichtet

03.18 OBS # 53 geborgen

Wind: SW'l 2-3

See: 2

56°05,5'N 152°37,1'W

OBS # 54

03.19 OBS # 54 ausgelöst

04.03 OBS # 54 geortet und gesichtet

04.19 OBS # 54 geborgen

Wind: SSW 3

See: 2

56°03,5'N 152°34,8'W

OBS # 55

04.43 OBS # 55 ausgelöst?

05.55 Hydrophon z.W.

06.10 Hydrophon a.D.

06.18 Suche nach OBS # 55 abgebrochen 55°47,2'N 152°29,1'W

Wind: SSW 4

See: 3

Station Explos # 008

06.44 Beginn Station Explos # 008

55°47,4'N 152°30,1'W

06.47 Explos z.W.

06.53 Ausfahreinheit ausgefahren

08.08 Beg. Bosi, Sl 4835 m, Wt 4842 m

13.26 Ende Bosi, Sl 5255 m, Wt 5298 m

14.36 Ausfahreinheit eingefahren

14.46 Explos a.D., Ende Station # 008

Wind: SSW 3-5

See: 2-4

OBS # 55

15.00 sprechen OBS # 55 an

15.20 OBS # 55 steigt

16.13 OBS # 55 geortet und gesichtet

16.35 OBS # 55 geborgen

55°57,2'N 152°28,9'W

Wind: S'l 5-6

See: 4

OBS # 56

17.10 OBS # 56 ausgelöst

18.21 OBS # 56 geortet und gesichtet

18.31 OBS # 56 geborgen

55°50,7'N 152°22,2'W

Wind: S'l 7

See: 5

Profil Hydrosweep # 040

19.16 Beginn Profil # 040

55°46,3'N 152°28,4'W

21.35 Ende Profil # 040

56°14,3'N 152°46,5'W

Wind: SSE 7-8

See: 5

Profil Hydrosweep # 041

21.47 Beginn Profil # 041

56°14,0'N 152°49,0'W

22.07.1994Zeit: UTC - 8h

04.54 Ende Profil # 041

55°44,8'N 152°35,5'W

Wind: SSE 8

See: 6

Profil Hydrosweep # 042

07.18 Beginn Profil # 042

55°52,0'N 152°09,5'W

11.07 Ende Profil # 042

56°15,8'N 152°36,0'W

Wind: SSE 8

See: 6

Profil Hydrosweep # 043

15.45 Beginn Profil # 043

55°54,0'N 152°02,2'W

19.32 Ende Profil # 043

56°16,8'N 152°33,0'W

Wind: SSE 7-6

See: 6

Profil Hydrosweep # 044

19.57 Beginn Profil # 044

56°17,8'N 152°29,5'W

22.07.1994Zeit: UTC - 8h

03.42 Ende Profil # 044

55°56,5'N 151°52,0'W

Wind: SSE 6-4

See: 5-4

Profil Hydrosweep # 045

04.20 Beginn Profil # 045

55°59,8'N 151°47,0'W

07.17 Ende Profil # 045

56°18,8'N 152°25,5'W

Wind: SSE - SE 4-5

See: 4 Dünung

Profil Hydrosweep # 046

Beginn Profil # 046

09.30 Unterbrechen Profil # 046

56°07,0'N 152°45,8'W

Wind: SE 5

See: 4

OBS # 57

09.47 OBS # 57 z.W., Wt 2604 m

09.49 OBS # 57 geslipt

56°06,8'N 152°43,0'W

Wind: SE 5

See: 4

OBS # 58

10.25 OBS # 58 z.W., Wt 2725 m

10.26 OBS # 58 geslipt

56°07,9'N 152°46,1'W

Wind: SE 5

See: 4

OBS # 59

10.48 OBS # 59 z.W., Wt 2235 m

10.49 OBS # 59 geslipt

56°08,9'N 152°43,0'W

Wind: SE 5

See: 4

OBS # 60

11.09 OBS # 60 z.W., Wt 2099 m

11.10 OBS # 60 geslipt

56°09,9'N 152°40,1'W

Wind: SE 5

See: 4

OBS # 61

11.29 OBS # 61 z.W., Wt 2286 m

11.30 OBS # 61 geslipt

56°10,9'N 152°36,9'W

Wind: SE 5

See: 4

OBS # 62

11.51 OBS # 62 z.W., Wt 2817 m

11.52 OBS # 62 geslipt

56°12,'N 152°33,2'W

Wind: SE 5

See: 4

14.25 setzen Airguns aus

14.36 Stb.-Airgun z.W.

14.44 Bb.-Aigun z.W.

Profil Seismik # 009

14.45 Beginn Profil # 009

56°25,0'N 151°54,4'W

14.46 hieven Airguns vor.

15.40 Bb.-Airgun gesteckt

16.14 Stb.-Airgun gesteckt

16.44 Stb.-Airgun a.D.

17.26 Bb.-Airgun a.D., unterbrechen Profil

18.27 Bb.-Airgun z.W.

18.37 setzen Profil fort

56°18,7'N 152°13,1'W

23.07.1994

Zeit: UTC - 8h

07.00 Ende Profil # 009

55°55,0'N 153°24,5'W

Wind: SE 5-3

See: 4-2

07.02 hieven Airgun ein

07.12 Airgun a.D.

Station Explos # 009

10.07 Beginn Station # 009

56°02,7'N 152°28,7'W

10.08 Explos z.W.

10.13 Ausfahreinheit ausgefahren

11.13 Beg. Bosi, Sl 3837 m, Wt 3861 m 56°02,5'N 152°27,9'W

17.00 Ende Bosi, Sl 4985 m, Wt 4962 m 55°59,6'N 152°23,8'W

18.07 Explos a.D.

18.16 Ausfahreinheit eingefahren, Ende Staiton 009

Wind: var. 3

See: 2

OBS # 62

19.09 OBS # 62 ausgelöst

19.41 OBS # 62 gesichtet

19.53 OBS # 62 geborgen

56°11,8'N 152°34,2'W

Wind: E'l 3-2

See: 2

OBS # 61

19.56 OBS # 61 ausgelöst

20.22 OBS # 61 gesichtet

20.31 OBS # 61 geborgen

56°10,7'N 152°37,3'W

Wind: E'l 3-2

See: 2

OBS # 60

20.33 OBS # 60 ausgelöst

20.56 OBS # 60 gesichtet

21.07 OBS # 60 geborgen

56°09,7'N 152°40,8'W

Wind: E'l 2

See: 1

OBS # 59

21.10 OBS # 59 ausgelöst

21.33 OBS # 59 gesichtet

21.40 OBS # 59 geborgen

56°08,7'N 152°43,5'W

Wind: E'l 2-3

See: 1-2

OBS # 58

21.43 OBS # 58 ausgelöst

22.09 OBS # 58 gesichtet

22.18 OBS # 58 geborgen

Wind: E'l 2-3

See: 2

56°07,7'N 152°46,6'W

OBS # 57

22.21 OBS # 57 ausgelöst

22.49 OBS # 57 gesichtet

23.00 OBS # 57 geborgen

Wind: E'l 3

See: 2

56°06,8'N 152°49,2'W

23.14 Magnetometer z.W.

Profil Hydrosweep # 046 Fortsetzung

23.26 Fortsetzung Profil # 046

56°05,5'N 152°46,0'W

24.07.1994Zeit: UTC - 8h

01.11 Ende Profil # 046

55°45,2'N 152°35,7'W

Wind: ENE 3

See: 2

Profil Hydrosweep # 047

01.31 Beginn Profil # 047

55°43,4'N 152°41,8'W

04.22 Ende Profil # 047

56°15,0'N 152°52,5'W

Wind: ENE 3

See: 2

Profil Hydrosweep # 048

04.29 Beginn Profil # 048

56°15,0'N 152°55,0'W

06.05 Ende Profil # 048

55°54,1'N 152°51,9'W

Wind: NE 3

See: 2

06.55 Magnetometer a.D.

Station Explos # 010

07.00 Beginn Station # 010

55°58,6'N 152°38,5'W

07.10 Explos z.W.

08.24 Beg. Bosi, Sl 3938 m, Wt 3997 m

55°58,5'N 152°38,0'W

17.12 Ende Bosi, Sl 5250 m, Wt 5221 m

55°52,9'N 152°29,5'W

18.36 Explos a.D., Ende Station # 010

Wind: var. 1-2

See: 1

Profil Hydrosweep # 049

19.54 Beginn Profil # 049

55°55,4'N 152°58,0'W

21.32 Ende Profil # 049

56°14,8'N 152°58,1'W

Wind: var. 1

See: 1

Profil Hydrosweep # 050

21.33 Beginn Profil # 050

56°14,8'N 152°58,1'W

25.07.1994Zeit: UTC - 8h

00.22 Ende Profil # 050

56°27,4'N 152°00,0'W

Wind: var. 1

See: 1

00.22 Ende der Stationsarbeiten.